

# **Untersuchung der Wachstumsmuster zur langfristigen Prognose von Automobilmärkten in frühen Entwicklungsstadien**

Die Rolle der Gebrauchtwagenimporte

Von der Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Abteilung Maschinenbau und Verfahrenstechnik

der

Universität Duisburg-Essen

zur Erlangung des akademischen Grades

eines

Doktors der Wirtschaftswissenschaften

Dr. rer. pol.

genehmigte Dissertation

von

Timo Alexander Stephan

aus

Krefeld

Gutachter: Univ.-Prof. Dr. rer. pol. Ferdinand Dudenhöffer

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Schramm

Tag der mündlichen Prüfung: 02.04 2015



## Kurzfassung

Erfahrungswerte zeigen, dass das Bedürfnis nach individueller Mobilität mit voranschreitender wirtschaftlicher Entwicklung zunehmend gestillt wird. So ist mit wachsendem Bruttoinlandsprodukt auch eine Zunahme des Pkw<sup>1</sup>-Bestands zu beobachten. Gegenstand der Forschung ist die Untersuchung, in welcher Weise das Bruttoinlandsprodukt und gegebenenfalls weitere Größen die Pkw-Dichte<sup>2</sup> determinieren, um hieraus ein Wachstumsmuster abzuleiten. Ein solches Wachstumsmuster zeigt in der Regel einen S-förmig verlaufenden Zusammenhang und dient der Prognose einer zukünftigen Marktentwicklung. Es kann sich auf die bereits vollzogene Entwicklung eines einzelnen Landes stützen oder aber auch die in mehreren Ländern beobachteten Erfahrungswerte aggregieren und aus ihnen eine Art „Durchschnittsverlauf“ ermitteln. In letzterem Fall wird zwar ein hoher Erklärungsgrad bzw. ein hohes Bestimmtheitsmaß erreicht, aber es repräsentiert nicht alle Staaten, vielmehr existieren auch deutliche Ausreißer abseits der Kurve.

Im Rahmen der Schätzung eines solchen Durchschnittswachstumsmusters werden in dieser Arbeit osteuropäische Staaten als sehr häufige starke Abweichler mit Lage oberhalb der Kurve identifiziert, während asiatische Staaten hier unterhalb der Kurve liegen. Gemäß Modellzusammenhang ist die Lage der Osteuropäer dahingehend zu interpretieren, dass dort gegenüber einem Durchschnittsland weniger finanzielle Mittel zum Erreichen einer gleich hohen Pkw-Dichte benötigt werden. Diese Beobachtung führt zunächst zur Hypothese, dass die privilegierte geographische Lage Osteuropas in direkter Nachbarschaft zu den volumenstarken reifen westeuropäischen Pkw-Märkten einen kostengünstigen Bezug von Gebrauchtwagenimporten ermöglicht, während im asiatischen Raum kein solches Angebot vorhanden ist und entsprechend höhere Motorisierungs-Einstandspreise anfallen. Eine detaillierte Falluntersuchung Polens, das zu den stärksten Abweichlern gehört, zeigt, dass etwa zehn Jahre lang zwei- bis dreimal so viele Pkw importiert wurden wie es Neuzulassungen gab. Diese Importe waren zu 90 Prozent älter als fünf Jahre, zu großen Teilen sogar älter als zehn, wodurch von sehr niedrigen Anschaffungspreisen auszugehen ist.

---

<sup>1</sup> Pkw: Personenkraftwagen

<sup>2</sup> Pkw-Dichte: Anzahl der Pkw pro 1.000 Einwohner Gesamtbevölkerung

Zur Abklärung, für welche Entwicklungsmärkte ein ähnliches zukünftiges Entwicklungsmuster infrage kommt, werden die kaum oder noch wenig entwickelten Weltmärkte dahingehend untersucht, inwiefern sie durch Einfuhrrestriktionen ein solches Wachstumsmuster unterbinden oder begünstigen.

Ein zentrales Ergebnis dieser Arbeit ist, dass die Rolle von Gebrauchtwagenimporten für das Bestandswachstum keinesfalls als vernachlässigbar angesehen werden darf. Andererseits sind die Entwicklungsmärkte der Welt größtenteils bezüglich eines Höchstalters für Gebrauchtwagenimporte beschränkt. Als eine Ausnahme wird Mexiko identifiziert, welches das Wachstumsmuster Polens nachahmen könnte. Dasselbe gilt für aktuelle und zukünftige osteuropäische EU-Mitgliedsstaaten. In beiden Fällen unterbinden die Konventionen bestehender Freihandelszonen die Ausgestaltung entsprechender protektionistischer Maßnahmen und begünstigen somit ein Wachstumsmuster nach polnischem Vorbild.



## Abstract

Experience shows the increasing necessity of individual mobility being satisfied successively with growing economies. Thus, with growing gross domestic product, an increasing vehicle stock is observable. Research concentrates on how the gross domestic product and eventually additional factors determine the car density to deduce a growth pattern. Such a growth pattern usually shows a sigmoid shape and is an aid to forecast the future development of car markets. Either it's based on historical data of one single market, or it rests on aggregated data that covers the experience from several countries to derive some kind of average curve from it. The conducted curve from the latter case fits quite well for many countries, but it is not universally applicable, as there are also noticeable dissenters beside the curve.

The estimation of such an average growth pattern leads to the insight, that there are deviations from the average pattern in different directions. While several countries of Eastern Europe lie above, the considered states from Asia are situated below the average curve. The interpretation for a location above the curve is that less financial resources are needed to achieve the same car density level as in an average country. This observation suggests the hypothesis that the reason for this fact could be the privileged geographical location of Eastern European countries in the neighbourhood of mature Western European car markets with high stocks. Thus, there is the opportunity to source old used vehicles for comparably low prices, while developing countries in Asia are forced to buy new cars in the absence of an adequate supply of used cars. A detailed investigation of Poland – as one of the major dissenters from the average curve – shows that over the last decade the number of used car imports has been between two and three times higher than the registration of new cars. Moreover, 90 percent of the imported used cars were older than five years, many of them even older than ten years. Thus, those cars will have been available for low used car prices. To examine whether further emerging markets could grow with an equal unconventional pattern, this research investigates the used car import regulations of a wide range of developing countries to find out whether available conditions encourage or prevent to grow by a similar pattern following the example set by Poland.

One major result of this research is that on the one hand, the role of used car imports must not be neglected. On the other hand, developing markets predominantly restrict the market access by a maximum age for used car imports. Furthermore, Mexico is identified as one exception and could copy the Polish growth pattern as well as some actual or future member states of the European Union located in Eastern Europe. In both cases, current agreements referring to free trade contracts prevent protective measures and encourage by this to use the opportunity of growing by sourcing comparably cheap old used cars as Poland did.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung .....</b>	<b>III</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>V</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>XI</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Formelverzeichnis.....</b>	<b>XVII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>XIX</b>
<b>1     Ausgangssituation .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangslage auf dem Pkw-Weltmarkt.....	1
1.2 Untersuchungsgegenstand.....	6
1.3 Vorgehen/Methodik .....	8
<b>2     Prognose und Prognoseverfahren.....</b>	<b>11</b>
2.1 Begriffsdefinition .....	11
2.2 Klassifikation von Prognosemodellen.....	11
2.3 Quantitative Verfahren.....	15
2.3.1 Klassische Zeitreihenverfahren.....	15
2.3.2 Erweiterte Zeitreihenverfahren .....	17
2.3.3 Trendmodelle .....	18
2.3.4 Wirkungsmodelle.....	19
2.3.4.1 Ökonometrische Modelle.....	19
2.3.4.2 Modellschätzung mittels linearer und nichtlinearer Regression .....	21
2.3.4.3 Prognoseanwendung ökonometrischer Modelle .....	23
2.4 Fazit.....	25
<b>3     Wachstum und Wachstumsmodellierung .....</b>	<b>29</b>
3.1 Unbeschränktes Wachstum und Funktionen .....	30
3.2 Beschränktes Wachstum und Funktionen .....	31
3.2.1 Die modifizierte Exponentialfunktion .....	32
3.2.2 Die einfache logistische Funktion.....	36
3.2.3 Die GOMPERTZ-Funktion .....	38
3.2.4 Das VON BERTALANFFY-Modell .....	40
3.2.5 Zwischen-Resümee .....	40

3.2.6 Erweiterungen der Exponential- und logistischen Funktion.....	41
3.3 Fazit.....	46
<b>4 Pkw-Bestandswachstum in frühen Stadien in Industriestaaten .....</b>	<b>47</b>
4.1 Grundsätzliches zu Pkw-Bestands-Modellen.....	49
4.2 Klassischer Modellaufbau .....	50
4.3 Pkw-Bestandsprognosen in den USA in deren früher Entwicklungsphase.....	54
4.3.1 Die Arbeit von DE WOLFF (1938).....	55
4.3.2 Kritische Anmerkungen zu DE WOLFFs Arbeit .....	57
4.4 Pkw-Bestandsprognosen in der BRD in deren früher Entwicklungsphase .....	58
4.4.1 Die Arbeit von ZIMMERMANN (1955).....	59
4.4.2 Die Arbeit von ZIMMERMANN (1959).....	61
4.4.3 Die ESSO-Prognose (1958) .....	63
4.4.4 Die erste SHELL-Prognose (1959).....	65
4.4.5 Die zweite SHELL-Prognose (1961).....	66
4.4.6 Die weiteren SHELL-Prognosen .....	69
4.4.7 Die Arbeit von LENK (1962) .....	70
4.4.8 Die Arbeit von SIEBKE (1963).....	72
4.4.9 Kritische Anmerkungen zu den Arbeiten in der BRD .....	74
4.5 Pkw-Bestandsprognosen in Großbritanniens früher Entwicklungsphase .....	76
4.5.1 Die Arbeiten von TANNER (ab 1962) .....	76
4.5.2 Die Arbeit von MOGRIDGE (1967) .....	78
4.5.3 Die Arbeit von KAIN/BEESLEY (1964) .....	79
4.5.4 Die Arbeit von KAIN/BEESLEY (1965) .....	81
4.5.5 Kritische Anmerkungen zu den Arbeiten in Großbritannien.....	82
4.6 Die staatenübergreifende Arbeit von ANGELINI (1969).....	83
<b>5 Arbeiten zum Pkw-Bestandswachstum in den Emerging Marktes .....</b>	<b>87</b>
5.1 Arbeiten unter Verwendung von Wachstumsmodellen .....	87
5.1.1 Die Arbeit von BUTTON/NGOE/HINE (1993).....	87
5.1.2 Die Arbeit von DARGAY/GATELY (1999).....	89
5.1.3 Die Arbeit von DARGAY/GATELY/SOMMER (2007) .....	91
5.1.4 Die Arbeit von HUO/WANG (2012).....	91
5.2 Alternative Ansätze zu Emerging Markets .....	93
5.2.1 Die Arbeit von CHAMON/MAURO/OKAWA (2008).....	94
5.2.2 Die Arbeit von WANG/TETER/SPERLING (2011).....	96
5.3 Synthese .....	98
<b>6 Resümee zu Modellierungsproblemen und Einflussgrößen .....</b>	<b>101</b>
6.1 Verwendete Modelle bzw. Funktionen .....	101
6.2 Sättigungsproblematik.....	103

6.3	Erklärungsgrößen – Anwendung und Diskussion .....	105
6.3.1	Einkommensgrößen .....	105
6.3.2	Kraftstoffpreisabhängige Nutzungskosten.....	107
6.3.3	Infrastruktur .....	108
6.3.4	Bevölkerungsstruktur.....	108
6.3.5	Sonstige Erklärungsgrößen .....	109
6.4	Weitere Problemfelder .....	110
6.5	Identifizierter Forschungsbedarf – Eigener Fokus .....	111
<b>7</b>	<b>Untersuchung regionsspezifischer Wachstumsmechanismen.....</b>	<b>115</b>
7.1	Vorbereitung und Schätzung des Ausgangsmodells .....	115
7.1.1	Intention .....	115
7.1.2	Eingangsdaten.....	116
7.1.3	Methodik und Modellschätzung .....	117
7.1.4	Anmerkungen zur Datenqualität .....	120
7.2	Identifikation von Ausreißern im GOMPERTZ-Modell.....	121
7.3	Untersuchung der Charakteristika regionaler Gruppen.....	127
7.4	Erklärungsansatz der Osteuropa-Abweichung durch eine Dummy-Variable ....	129
7.5	Erklärungsansatz mit Osteuropa- und Asien-Dummy .....	132
7.6	Resümee und Überleitung zur Einzelfallbetrachtung.....	136
<b>8</b>	<b>Einzelfallbetrachtung Polen .....</b>	<b>145</b>
8.1	Basis-Informationen und Rahmendaten zu Polen .....	145
8.1.1	Die Entwicklung der Pkw-Dichte in Polen.....	145
8.1.2	Charakteristika des Pkw-Bestandes in Polen.....	146
8.1.3	Wachstumscharakteristika des polnischen Pkw-Marktes .....	148
8.1.4	Import- und Nutzungsbedingungen gebrauchter Pkw aus dem Ausland.....	151
8.2	Gegenwärtige Import- und Rahmenbedingungen .....	153
8.3	Entwicklungsbereinigung um den Gebrauchtwagenimporteffekt .....	153
8.3.1	Einfache Anpassung mittels durchschnittlicher Elastizitäten .....	155
8.3.2	Bereinigung auf Basis der GOMPERTZ-Funktion .....	160
<b>9</b>	<b>Untersuchung der Einfuhrbedingungen ausländischer Pkw-Märkte.....</b>	<b>167</b>
9.1	Die Haupt-Exportmärkte .....	168
9.1.1	Reife Rechtslenker-Märkte .....	169
9.1.2	Reife Linkslenker-Märkte.....	170
9.1.3	Synthese .....	173
9.2	Einfuhrbedingungen potentieller Importeure älterer Gebrauchtwagen.....	174
9.2.1	Südamerika/Lateinamerika .....	175
9.2.2	Zentralasien und Vorderasien .....	178
9.2.3	(Ost-)Asien.....	183

9.2.4 Osteuropa .....	187
9.2.5 Afrika .....	192
9.2.6 Zusammenfassende Klassifizierung der Einfuhrbedingungen .....	199
9.3 Zentrale Ergebnisse zu regionalen Trends .....	200
9.3.1 Potentielle Zielmärkte japanischer Rechtslenker-Fahrzeuge.....	200
9.3.2 Potentielle Zielmärkte US-amerikanischer Fahrzeuge .....	202
9.3.3 Potentielle Zielmärkte (west-)europäischer Fahrzeuge .....	207
9.3.4 Weitere potentielle Zielmärkte für Linkslenker-Fahrzeuge.....	209
9.3.5 Gesamtbetrachtung .....	212
9.4 Einschränkende Anmerkungen zu den Ergebnissen .....	215
<b>10 Fazit .....</b>	<b>217</b>
10.1 Zusammenfassung des wissenschaftlichen Beitrags .....	218
10.2 Implikationen für die Praxis .....	221
10.3 Implikationen für die Forschung .....	222
10.4 Ausblick .....	224
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>227</b>
<b>Datenquellen-Verzeichnis .....</b>	<b>243</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>245</b>
Anhang A: Weiterführende Informationen zu Kapitel 4 und 5 .....	245
Anhang B: Weiterführende Informationen zu Kapitel 6 .....	251
Anhang C: Weiterführende Informationen zu Kapitel 7 .....	253
Anhang D: Weiterführende Informationen zu Kapitel 8 .....	281
Anhang E: Weiterführende Informationen zu Kapitel 9.....	283

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Zeitreihe der Pkw-Absatzentwicklung auf dem Weltmarkt .....	1
Abbildung 1.2: Durchschnittliches jährliches GDP pro Kopf-Wachstum 1998-2012 .....	4
Abbildung 1.3: Weltbevölkerungsanteile der BRIC-Staaten im Jahr 2012.....	4
Abbildung 1.4: Ablaufschaubild zu Kapitel 4 bis Kapitel 6.....	9
Abbildung 1.5: Ablaufschaubild zu Kapitel 7 bis Kapitel 9.....	10
Abbildung 2.1: Strukturvergleich von Zeitreihen- und Kausalprognosen .....	13
Abbildung 2.2: Kategorisierung von Prognosemodellen .....	14
Abbildung 2.3: OLS-Schätzung im Fall linearer Regression .....	21
Abbildung 2.4: Prognosen auf Basis unabhängiger Variablen mit/ohne Time-Lag.....	24
Abbildung 3.1: Modifizierte Exponentialfunktion mit Variation der Parameter .....	34
Abbildung 3.2: Diffusionsprozess: Adoptionsverlauf und kumulierte Adoption.....	35
Abbildung 3.3: Logistische Funktion mit Variation der Parameter .....	37
Abbildung 3.4: GOMPERTZ-Funktion mit Variation der Parameter .....	39
Abbildung 3.5: Generalisierte Exponentialfunktion und ausgewählte Spezialfälle .....	42
Abbildung 3.6: RICHARDS-Funktion und ausgewählte Spezialfälle .....	43
Abbildung 3.7: FLOG-Modell und ausgewählte Spezialfälle .....	45
Abbildung 4.1: Zwei Säulen der Untersuchung des Forschungsstands.....	48
Abbildung 4.2: Streudiagramm für verschiedene Länder über verschiedene Jahre .....	50
Abbildung 4.3: Erweitertes Streudiagramm mit Regressionsfunktionen .....	51
Abbildung 4.4: Internationaler Motorisierungskanal nach LEWANDOWSKI (1974)...	52
Abbildung 4.5: Nutzung von Trend- und Wirkungsmodell zu Prognosezwecken.....	53
Abbildung 4.6: Entwicklung der Pkw-Dichte in den USA von 1900 bis 1970.....	54
Abbildung 4.7: Entwicklung der Pkw-Dichte im Nachkriegs-Deutschland bis 1970.....	58
Abbildung 4.8: Vergleich verschiedener Pkw-Bestandsprognosen für die BRD.....	74
Abbildung 4.9: Entwicklung der Pkw-Dichte in Großbritannien von 1950-1970 .....	76
Abbildung 4.10: Pkw-Bestandsentwicklungs-Modell von MOGRIDGE (1967).....	79
Abbildung 4.11: Vergleich verschiedener Prognosen für Großbritannien und Leeds ....	82
Abbildung 5.1: Skizzierter Untersuchungsfokus von BUTTON/NGOE/HINE.....	88
Abbildung 5.2: Skizzierter Untersuchungsfokus von DARGAY/GATELY .....	90
Abbildung 5.3: Skizzierter Untersuchungsfokus von HUO/WANG .....	93
Abbildung 5.4: Skizzierter Untersuchungsfokus von CHAMON/MAURO/OKAWA...95	
Abbildung 6.1: Einflussfaktoren auf die Pkw-Bestandsentwicklung.....	113
Abbildung 7.1: Streudiagramm mit logistischer und GOMPERTZ-Funktion .....	119
Abbildung 7.2: Starke Abweichler von der GOMPERTZ-Kurve .....	122
Abbildung 7.3: Marktdiagramm mit und ohne Angebotsbeschränkung .....	126
Abbildung 7.4: GOMPERTZ-Kurve und Beobachtungswerte: Osteuropa .....	127
Abbildung 7.5: GOMPERTZ-Kurve und Beobachtungswerte: Asien .....	127
Abbildung 7.6: GOMPERTZ-Kurve erweitert um Osteuropa-Dummy .....	131

Abbildung 7.7: GOMPERTZ-Kurve erweitert um Osteuropa- und Asien-Dummy .....	134
Abbildung 7.8: GOMPERTZ-Kurve mit regionsspezifischem Parameter b .....	136
Abbildung 7.9: Entwickelte Pkw-Märkte im (west-)europäischen Wirtschaftsraum....	138
Abbildung 7.10: Arbeitskostenvergleich in der Privatwirtschaft .....	139
Abbildung 7.11: Ausgewählte Pkw-Märkte Asiens .....	141
Abbildung 7.12: Starke Abweichler von der GOMPERTZ-Kurve .....	142
Abbildung 7.13: Pkw-Bestandsanteil zehn Jahre und älter (Stand: 2011) .....	142
Abbildung 8.1: Pkw-Dichte-Entwicklung Polens zwischen 1990 und 2012.....	146
Abbildung 8.2: Pkw-Bestandsanteil zehn Jahre und älter in großen Märkten Europas	147
Abbildung 8.3: Pkw-Bestandsanteil zehn Jahre und älter in Polen und Deutschland...	147
Abbildung 8.4: Entwicklung der Pkw-Neuzulassungen in Polen 2003-2012 .....	148
Abbildung 8.5: Entwicklung der Gebrauchtwagenimporte in Polen 2003-2012 .....	149
Abbildung 8.6: Altersstruktur der Gebrauchtwagenimporte nach Polen .....	151
Abbildung 8.7: Pkw-Dichte-Entwicklung Polens zwischen 1990 und 2012.....	154
Abbildung 8.8: Elastizitätsverlauf der GOMPERTZ-Funktion.....	156
Abbildung 8.9: Pkw-Dichte-Entwicklung Polens 1990-2012 (bereinigt ab 2004) .....	160
Abbildung 8.10: Pkw-Dichte Polens bei Subtraktion importierter GW ab 2003 .....	161
Abbildung 8.11: Zusammenhang zwischen Flussgrößen im Pkw-Markt .....	162
Abbildung 8.12: Theoretische Herleitung des Pkw-Zuflusses (brutto).....	163
Abbildung 8.13: Zusammensetzung des tatsächlichen Pkw-Zuflusses .....	163
Abbildung 9.1: Wiederzulassungs-Mitteilungen aus dem EU-Ausland an die BRD....	172
Abbildung 9.2: Dimensionen der Einfuhrbedingungs-Untersuchung .....	174
Abbildung 9.3: GW-Einfuhrregelungen in Südamerika.....	176
Abbildung 9.4: GW-Einfuhrregelungen in Zentralamerika/Karibik .....	177
Abbildung 9.5: GW-Einfuhrregelungen der fünf Staaten Zentralasiens .....	179
Abbildung 9.6: GW-Einfuhrregelungen in wohlhabenderen Staaten Vorderasiens.....	181
Abbildung 9.7: GW-Einfuhrregelungen im sonstigen Vorderasien .....	182
Abbildung 9.8: GW-Einfuhrregelungen in den RHD-Staaten (Ost-)Asiens .....	184
Abbildung 9.9: GW-Einfuhrregelungen in den LHD-Staaten (Ost-)Asiens .....	186
Abbildung 9.10: GW-Einfuhrregelungen in Osteuropa (Nicht-EU) .....	191
Abbildung 9.11: GW-Einfuhrregelungen in den RHD-Staaten Afrikas.....	194
Abbildung 9.12: GW-Einfuhrregelungen in wohlhabenderen LHD-Staaten Afrikas ...	196
Abbildung 9.13: GW-Einfuhrregelungen in den sonstigen LHD-Staaten Afrikas.....	197
Abbildung 9.14: Klassifizierung von Einfuhrbedingungen.....	199
Abbildung 9.15: Pkw-Dichte-Entwicklung Mexikos 1984-2012.....	203
Abbildung 9.16: Bevölkerungsvergleich: EU15 und Osteuropa (2012) .....	213
Abbildung 9.17: Bevölkerungsvergleich: USA und Mexiko (2012).....	214
Abbildung 9.18: Bevölkerungsvergleich: Rechts- und Linkslenker-Regionen (2012).	214
Abbildung 9.19: Korruptions-Weltkarte.....	216



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1: Absatzentwicklung der größten traditionellen Pkw-Märkte.....	2
Tabelle 1.2: Pkw-Dichte und Bevölkerung in ausgewählten Ländern/Regionen.....	3
Tabelle 1.3: Pkw-Dichte und Bevölkerung in den BRIC-Staaten .....	3
Tabelle 1.4: Absatzanteile ausgewählter OEMs auf dem chinesischen Pkw-Markt .....	5
Tabelle 3.1: Übersicht einiger Funktionstypen und deren Änderungsraten .....	30
Tabelle 5.1: Übersicht der Länder, Zeitabschnitte und Wachstumsraten.....	97
Tabelle 5.2: Auszug aus der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung .....	99
Tabelle 7.1: Schätzwerte der logistischen Funktion und GOMPERTZ-Funktion .....	118
Tabelle 7.2: Osteuropäische EU-Mitgliedsstaaten und deren Beitrittsjahr .....	128
Tabelle 7.3: Ergebnisse der Schätzungen mit Dummy-Variablen Fall (1) bis (3) .....	130
Tabelle 7.4: Ergebnisse der Parameter-Schätzungen Fall (4) und (5) .....	133
Tabelle 7.5: Ergebnisse der Parameter-Schätzungen Fall (5b) und (6) .....	135
Tabelle 8.1: Wechselkursentwicklung Zloty/Euro zwischen 2007 und 2009 .....	149
Tabelle 8.2: Pkw-Fluss-Kennzahlen in Polen zwischen 31.12.2003 und 31.12.2012...	164
Tabelle 8.3: Ermittlung des theoretischen Brutto-Zuflusses .....	165
Tabelle 8.4: Substituierte Neuwagen- und zusätzliche Gebrauchtwagennachfrage.....	166
Tabelle 9.1: Bestandsgrößte reife Pkw-Märkte mit Linksverkehr .....	169
Tabelle 9.2: Bestandsgrößte reife Pkw-Märkte mit Rechtsverkehr.....	171
Tabelle 9.3: Größte Pkw-Produzenten der Welt außer China .....	173
Tabelle 9.4: Wohlhabendere Staaten Vorderasiens .....	180
Tabelle 9.5: Potentielle Rechtslenker-Zielmärkte .....	201
Tabelle 9.6: Potentielle Linkslenker-Zielmärkte für US-amerikanische Pkw.....	202
Tabelle 9.7: Ergebnis der Linkslenker-Markt-Auswahl .....	210
Tabelle A. 1: Eingangsdaten und Ergebnisse der SHELL-Prognose (1959) bis 1975 ..	246
Tabelle A. 2: Ergebnisse der SHELL-Prognose (1961) bis 1975/1980 .....	246
Tabelle A. 3: Parameterwerte der Szenarien zur SHELL-Prognose (1989).....	247
Tabelle A. 4: Szenarien der Prognose von LENK (1962) für die Jahre 1965-1990.....	247
Tabelle A. 5: Prognose von SIEBKE (1963) bis 1970 .....	248
Tabelle A. 6: Prognose der Pkw-Dichte für Leeds 1960-2010.....	249
Tabelle A. 7: Prognose der Pkw-Dichte für Leeds und Großbritannien 1960-2010 .....	249
Tabelle A. 8: Übersicht der Länder, Zeitabschnitte und Wachstumsraten.....	250
Tabelle A. 9: Übersicht über Verschrottungs-Programme .....	251
Tabelle A. 10: In der Durchschnittskurve betrachtete Länder und Zeiträume – Teil 1.	255
Tabelle A. 11: In der Durchschnittskurve betrachtete Länder und Zeiträume – Teil 2.	256
Tabelle A. 12: Länder mit großer Residuen-Variation.....	256
Tabelle A. 13: Modellübersicht der linearisierten logistischen Funktion (SPSS).....	258
Tabelle A. 14: Anova-Tabelle der linearisierten logistischen Funktion (SPSS) .....	259
Tabelle A. 15: Koeffizienten der linearisierten logistischen Funktion (SPSS) .....	259

Tabelle A. 16: Iterationsverlauf der logistischen Funktion (SPSS) .....	260
Tabelle A. 17: Parameterschätzungen der logistischen Funktion (SPSS) .....	260
Tabelle A. 18: Parameter-Korrelationen der logistischen Funktion (SPSS) .....	260
Tabelle A. 19: Anova-Tabelle der logistischen Funktion (SPSS) .....	260
Tabelle A. 20: Modellübersicht der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (SPSS) .....	261
Tabelle A. 21: Anova-Tabelle der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (SPSS) .....	261
Tabelle A. 22: Koeffizienten der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (SPSS) .....	261
Tabelle A. 23: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (SPSS) .....	262
Tabelle A. 24: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (SPSS) .....	262
Tabelle A. 25: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (SPSS) .....	263
Tabelle A. 26: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (SPSS) .....	263
Tabelle A. 27: Modellübersicht der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS) .....	263
Tabelle A. 28: Anova-Tabelle der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS) .....	264
Tabelle A. 29: Koeffizienten der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS) .....	264
Tabelle A. 30: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS) .....	265
Tabelle A. 31: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS) .....	265
Tabelle A. 32: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS) .....	265
Tabelle A. 33: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS) .....	266
Tabelle A. 34: Modellübersicht der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS) .....	266
Tabelle A. 35: Anova-Tabelle der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS) .....	266
Tabelle A. 36: Koeffizienten der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS) .....	267
Tabelle A. 37: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS) .....	267
Tabelle A. 38: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS) .....	268
Tabelle A. 39: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS) .....	268
Tabelle A. 40: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS) .....	268
Tabelle A. 41: Modellübersicht der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS) .....	268
Tabelle A. 42: Anova-Tabelle der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS) .....	269
Tabelle A. 43: Koeffizienten der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS) .....	269
Tabelle A. 44: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS) .....	270
Tabelle A. 45: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS) .....	270
Tabelle A. 46: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS) .....	270
Tabelle A. 47: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS) .....	271
Tabelle A. 48: Modellübersicht der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS) .....	271
Tabelle A. 49: Anova-Tabelle der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS) .....	271
Tabelle A. 50: Koeffizienten der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS) .....	272
Tabelle A. 51: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS) .....	272
Tabelle A. 52: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS) .....	273
Tabelle A. 53: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS) .....	273
Tabelle A. 54: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS) .....	273
Tabelle A. 55: Modellübersicht der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS) .....	273
Tabelle A. 56: Anova-Tabelle der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS) .....	274
Tabelle A. 57: Koeffizienten der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS) .....	274

Tabelle A. 58: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS) .....	275
Tabelle A. 59: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS).....	275
Tabelle A. 60: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS).....	275
Tabelle A. 61: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS).....	276
Tabelle A. 62: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (5b) (SPSS) .....	277
Tabelle A. 63: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (5b) (SPSS).....	277
Tabelle A. 64: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (5b) (SPSS).....	277
Tabelle A. 65: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (5b) (SPSS).....	277
Tabelle A. 66: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (6) (SPSS) .....	278
Tabelle A. 67: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (6) (SPSS).....	279
Tabelle A. 68: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (6) (SPSS).....	279
Tabelle A. 69: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (6) (SPSS).....	279
Tabelle A. 70: Übersicht der Eingangsdatenquellen für die Einfuhrregelungen.....	288



## Formelverzeichnis

Formel 2.1: Klassisches Zeitreihenverfahren .....	25
Formel 2.2: Mögliche Komponentenzerlegung von Zeitreihen .....	25
Formel 2.3: Erweiterte Zeitreihenverfahren .....	26
Formel 2.4: Mögliche Komponentenzerlegung mit weiteren explikativen Faktoren.....	26
Formel 2.5: Trendmodell.....	26
Formel 2.6: Wirkungsmodell.....	26
Formel 3.1: Differentialgleichung/Lösung: Proportionales Organismus-Wachstum.....	32
Formel 3.2: Differentialgleichung: Begrenztes proportionales Organismus-Wachstum	32
Formel 3.3: Modifizierte Exponentialfunktion.....	32
Formel 3.4: Modifizierte Exponentialfunktion mit alternativer Parametrierung .....	33
Formel 3.5: Modifizierte Exponentialfunktion mit alternativer Parametrierung (2).....	33
Formel 3.6: Logistische Funktion.....	36
Formel 3.7: GOMPERTZ-Funktion .....	38
Formel 3.8: Generalisierte modifizierte Exponentialfunktion.....	41
Formel 3.9: FLOG-Modell .....	44
Formel 3.10: Mögliche Ausprägungen der Subfunktion des FLOG-Modells.....	44
Formel 4.1: Zusammenhang zwischen Produktion, Ersatzbedarf und Neubedarf .....	55
Formel 4.2: Lineare Funktion zwischen Dichte-Steigerungsrate und Dichte .....	60
Formel 4.3: Log-lineare Funktion zwischen Pkw-Dichte und BSP pro Kopf.....	60
Formel 4.4: Zusammenhang zwischen Einkommenselastizitäten .....	62
Formel 4.5: Lineare Funktion zwischen Gesamtmotorisierung und BSP .....	64
Formel 4.6: Logistisches Pkw-Dichte-Wachstumsmodell der SHELL AG (1959) .....	66
Formel 4.7: Trendfunktion des BSPs aus SHELL (1961) .....	67
Formel 4.8: Logistisches Pkw-Dichte-Wachstumsmodell der SHELL AG (1961) .....	67
Formel 4.9: Erwogenes Pkw-Dichte-Prognosemodell von SIEBKE (1963).....	72
Formel 4.10: Verwendetes Pkw-Dichte-Prognosemodell von SIEBKE (1963).....	73
Formel 4.11: Erklärungsfunktion der Pkw-Dichte von TANNER (1963) .....	77
Formel 4.12: Pkw-Dichte-Modell von KAIN/BEESLEY (1964) (US-Städte) .....	79
Formel 4.13: Modell von KAIN/BEESLEY (1964) (offizielle Wechselkurse) .....	80
Formel 4.14: Modell von KAIN/BEESLEY (1964) (kaufkraftbereinigt) .....	80
Formel 4.15: Logarithmisch-lineare Funktion von KAIN/BEESLEY (1965) .....	81
Formel 6.1: Einflussgrößen der Bestandsveränderung zwischen zwei Perioden .....	112
Formel 7.1: GOMPERTZ-Funktion mit Osteuropa-Dummy .....	129
Formel 7.2: GOMPERTZ-Funktion mit EU-Dummy .....	129
Formel 7.3: GOMPERTZ-Funktion mit Osteuropa und EU-Dummy.....	129
Formel 7.4: GOMPERTZ-Funktion mit Asien-Dummy .....	133
Formel 7.5: GOMPERTZ-Funktion mit Osteuropa und Asien-Dummy.....	133
Formel 7.6: Erste Modifikation der Formel 7.5 .....	135

Formel 7.7: Zweite Modifikation der Formel 7.5.....	135
Formel 8.1: GDP pro Kopf-Elastizität der Pkw-Dichte (allgemein) .....	155
Formel 8.2: GDP pro Kopf-Elastizität der Pkw-Dichte .....	156
Formel 8.3: Umkehrfunktion der GOMPERTZ-Funktion .....	157
Formel 8.4: Pkw-Dichte-Berechnung mittels durchschnittlicher Elastizitäten .....	159
Formel A. 1: Logistisches Wachstumsmodell von SHELL (1959) (allgemein) .....	245
Formel A. 2: Logistisches Wachstumsmodell von SHELL (1959).....	245
Formel A. 3: Verallgemeinertes logistisches Wachstumsmodell von SHELL (1989).....	247
Formel A. 4: Logistische Prognosefunktion von SIEBKE mit $k = 300$ .....	248
Formel A. 5: Logistische Prognosefunktion von SIEBKE mit $k = 250$ .....	248
Formel A. 6: Logistische Funktion.....	253
Formel A. 7: Logistische Funktion mit alternativer Parametrierung .....	253
Formel A. 8: GOMPERTZ-Funktion .....	254
Formel A. 9: GOMPERTZ-Funktion mit alternativer Parametrierung .....	254
Formel A. 10: Logistische Funktion.....	257
Formel A. 11: Linearisierte Form der logistischen Funktion .....	257
Formel A. 12: GOMPERTZ-Funktion .....	258
Formel A. 13: Linearisierte Form der GOMPERTZ-Funktion .....	258
Formel A. 14: GOMPERTZ-Funktion .....	281
Formel A. 15: GDP pro Kopf-Elastizität der Pkw-Dichte.....	281
Formel A. 16: GOMPERTZ-Funktion .....	281
Formel A. 17: Umkehrfunktion der GOMPERTZ-Funktion .....	282

## Abkürzungsverzeichnis

ABl.	Amtsblatt
Abs.	Absatz
ACEA	Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (Europäischer Automobilherstellerverband)
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
Art.	Artikel
BMW	Bayerische Motoren Werke
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BSP	Bruttosozialprodukt
BRIC	Brasilien, Russland, Indien und China
CAR	Center Automotive Research an der Universität Duisburg-Essen
ccm	Kubikzentimeter (cm <sup>3</sup> )
CIF	Custom Worth + Insurance + Freight (Zollwert zuzüglich Versicherungs- und Frachtkosten)
CZK	Tschechische Krone
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DKK	Dänische Krone
DM	Deutsche Mark
EFTA	European Free Trade Association (Europäische Freihandelsassoziation)
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
EU15	Die 15 ersten EU-Mitgliedsstaaten (nach Beitrittszeitpunkt)
EU27	Die 27 ersten EU-Mitgliedsstaaten (nach Beitrittszeitpunkt)

Eurostat	Statistisches Amt der Europäischen Union
ELOG	Exponentiell logistische Funktion
FCFA	Franc de la Communauté Financière d'Afrique (Westafrikanische Währung u. a. der Elfenbeinküste)
FLOG	Flexibel logistisch (FLOG-Funktion von BEWLEY/FIEBIG)
GBP	Great Britain Pound (Britische Pfund Sterling)
GDP	Gross Domestic Product (Bruttoinlandsprodukt)
GM	General Motors
GNI	Gross National Income (entspricht GNP) (Bruttosozialprodukt)
GNP	Gross National Product (Bruttosozialprodukt)
GW	Gebrauchtwagen
HKD	Hongkong Dollar
IPT	Inverse Power Transformation
KBA	Kraftfahrtbundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
LDV	Light Duty Vehicle (Leichtes Nutzfahrzeug)
LHD	Left Hand Drive (Linksgelenktes Fahrzeug für den Rechtsverkehr)
LPG	Liquefied Petroleum Gas (Flüssiggas, Autogas)
Mio.	Millionen



---

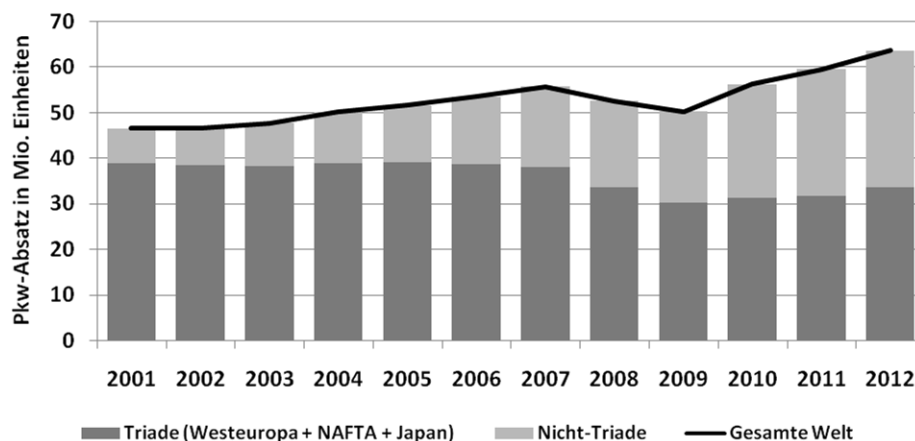
NAFTA	North American Free Trade Agreement (Nordamerikanisches Freihandelsabkommen)
NUS	Neue unabhängige Staaten
NW	Neuwagen
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
OEM	Original Equipment Manufacturer (Automobilhersteller)
OLS	Ordinary Least Squares (Verfahren der kleinsten Quadrate)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pkw	Personenkraftwagen
PPP	Purchasing Power Parity (Kaufkraftparität)
REGINA	Registration and Information Agreement (EU-weites Zulassungs- und Informationsaustauschabkommen)
RHD	Right Hand Drive (Rechtsgelenktes Fahrzeug für den Linksverkehr)
SACU	South African Customs Union (Südafrikanische Zollunion)
SQP	Sequential Quadratic Programming (Sequentielle quadratische Optimierung /Lagrange-Newton-Methode)
TRRL	Transport and Road Research Laboratory (Transport- und Verkehrsforschungslabor)
UK	United Kingdom (Vereinigtes Königreich Großbritannien und Nordirland)

UNECE	United Nations Economic Commission for Europe (Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen)
USA	United States of America (Vereinigte Staaten von Amerika)
VAT	Value Added Tax (Mehrwertsteuer)
VDA	Verband der Automobilindustrie e.V.
VISTA	Vietnam, Indonesien, Südafrika, Türkei und Argentinien
VPI	Vehicle Price Index (Fahrzeugpreisindex)
VW	Volkswagen
WTO	World Trade Organization (Welthandelsorganisation)

# 1 Ausgangssituation

## 1.1 Ausgangslage auf dem Pkw-Weltmarkt

Über lange Zeit hinweg waren die größten Absatzmärkte für Pkw jene Länder, in denen schon früh Automobilgeschichte geschrieben wurde. Seien es die USA<sup>3</sup>, wo Henry Ford die fließbandunterstützte Massenfertigung von Pkw einführte, Deutschland, wo Gottlieb Daimler den ersten Motorwagen baute oder Japan, wo Effizienzsteigerungsmaßnahmen als Toyota-Produktionssystem zum Vorbild moderner Fertigung wurden. Produktions- und Absatzschwerpunkte fielen weitestgehend zusammen. Der größte Anteil des Weltmarkt-Absatzes entfiel auf die sogenannte Triade, unter der Westeuropa<sup>4</sup>, die NAFTA<sup>5</sup>-Region und Japan zusammengefasst werden. Trotz nur etwa 15 Prozent dort lebender Weltbevölkerung, wurden in diesen Regionen bis zum Jahr 2003 mehr als 80 Prozent der Neufahrzeuge abgesetzt.<sup>6</sup> Doch wie die nachfolgende **Abbildung 1.1** verdeutlicht, hat sich dieses Verhältnis seither erheblich zugunsten der Nicht-Triade-Staaten verschoben.



**Abbildung 1.1: Zeitreihe der Pkw-Absatzentwicklung auf dem Weltmarkt**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA<sup>7</sup>)

<sup>3</sup> USA: United States of America (Vereinigte Staaten von Amerika)

<sup>4</sup> Westeuropa = EU15 + EFTA (EU15, EFTA siehe Abkürzungsverzeichnis)

<sup>5</sup> NAFTA: North American Free Trade Agreement (NAFTA-Region: USA + Kanada + Mexiko)

<sup>6</sup> Daten: Weltbank, VDA

<sup>7</sup> VDA: Verband der Automobilindustrie e.V.

Mit Ausnahme des kurzzeitigen Rückgangs infolge der Rezession, ausgelöst durch die Bankenkrise in den USA, weist der Pkw-Weltmarkt einen wachsenden Trend auf. Wachstumstreiber war in den vergangenen zehn Jahren vor allem die Nicht-Triade, die ihren Weltmarktanteil von etwa 20 Prozent auf rund die Hälfte des weltweiten Absatzes steigern konnte. Wie die nachfolgenden Absatz-Zeitreihen (**Tabelle 1.1**) zeigen, stagnierten die traditionellen Märkte bereits vor dem Jahr 2008, in dem sie stark von der Weltwirtschaftskrise getroffen wurden. Einige Länder begegneten der Kaufzurückhaltung mit massiven staatlichen Kaufanreizen.<sup>8</sup> Kräftig steigende Absatzzahlen in neuen Wachstumsmärkten wie China oder Indien konnten die Absatzdefizite in der Triade teilweise kompensieren. Nach dem Jahr 2009 begann eine langsame Erholung der traditionellen Märkte, wobei jene Verkäufe fehlten, die von Konsumenten aufgrund staatlicher Subventionsprogramme vorgezogen wurden.

	Pkw-Absatz in Mio. Einheiten						
Land/Region	2002	2007	2008	2009	2010	2011	2012
USA	16,82	16,09	13,19	10,40	11,55	12,73	14,44
Japan	4,44	4,40	4,23	3,92	4,21	3,52	4,57
Westeuropa	14,39	14,78	13,55	13,67	12,98	12,82	11,77
China	1,13	5,31	5,69	8,38	11,27	12,21	13,24
Indien	0,70	1,51	1,55	1,82	2,38	2,51	2,78

**Tabelle 1.1: Absatzentwicklung der größten traditionellen Pkw-Märkte<sup>9</sup>**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA)

Die in Tabelle 1.1 sichtbare Stagnation etablierter Märkte – bereits vor der Weltwirtschaftskrise – ist ein Hinweis darauf, dass dort kein oder kaum noch Neubedarf besteht. Vielmehr dienen dortige Neuwagenkäufe überwiegend der Ersatzbedarfsdeckung, was ein deutliches Zeichen für eine überwiegende Marktsättigung ist.<sup>10</sup> Die nachfolgende **Tabelle 1.2** zeigt die Pkw-Dichten<sup>11</sup> der USA, Japans und Westeuropas. Aus dieser geht hervor, dass in gesättigten Märkten etwa auf jeden zweiten Einwohner ein Pkw entfällt, während in den USA sogar mehr als 75 Prozent der Bevölkerung einen solchen besitzen. Ungeachtet des außerordentlich hohen Moto-

<sup>8</sup> Vgl. ACEA - European Automobile Manufacturer's Association (Hg.) (2009)

<sup>9</sup> USA: Pkw einschließlich leichter Nutzfahrzeuge, Westeuropa = EU15 + EFTA

<sup>10</sup> Vgl. Dudenhöffer/Borscheid (2004), S. 197

<sup>11</sup> Pkw-Dichte = Anzahl der Pkw pro 1.000 Einwohner Gesamtbevölkerung

risierungsgrades in den USA entsprechen auch die Pkw-Dichten Japans oder Westeuropas einer vergleichsweise starken Motorisierung, da die Gesamtbevölkerung als Bezugsgröße auch Kinder umfasst und nicht auf die fahrfähige Bevölkerung beschränkt ist.

Land/Region	Jahr	Bevölkerung in Mio.	Pkw pro 1.000 Einwohner
USA	2012	314	766
Japan	2012	128	466
Westeuropa	2012	413	503

**Tabelle 1.2: Pkw-Dichte und Bevölkerung in ausgewählten Ländern/Regionen<sup>12</sup>**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Auto-Suisse, Eurostat, KBA, UNECE, VDA, Weltbank)

Während sich die Triade-Märkte in einer Sättigungsphase befinden, rücken neue Wachstumsmärkte, sogenannte Emerging Marktes als zukünftige Absatzschwerpunkte in den Fokus. Diese kennzeichnet ein großes Wirtschaftswachstum bei einem gleichzeitigen (noch) niedrigen Motorisierungsniveau. Durch diese Eigenschaft in Verbindung mit hohen Bevölkerungszahlen erregten in jüngerer Vergangenheit vor allem die in **Tabelle 1.3** aufgeführten sogenannten BRIC<sup>13</sup>-Staaten viel Aufmerksamkeit.

Land/Region	Jahr	Bevölkerung in Mio.	Pkw pro 1.000 Einwohner
Russland	2012	144	271
Brasilien	2012	199	149
China	2012	1.351	44
Indien	2012	1.237	18

**Tabelle 1.3: Pkw-Dichte und Bevölkerung in den BRIC-Staaten<sup>14</sup>**

(Quelle: Eigene Berechnungen, Daten: VDA, Weltbank)

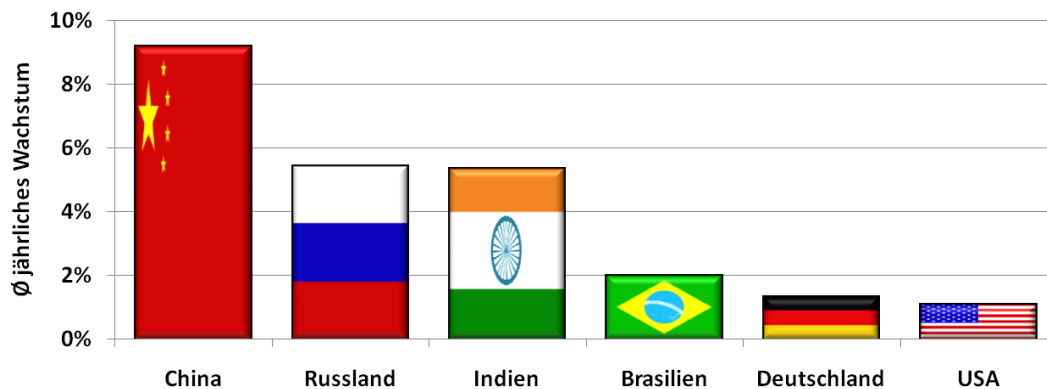
BRIC ist ein von der Investmentbank GOLDMAN SACHS geprägtes Akronym für die vier Staaten Brasilien, Russland, Indien und China. Die nachfolgende **Abbildung 1.2** zeigt das Wirtschaftswachstum jener Staaten zwischen den Jahren 1998

<sup>12</sup> USA: Pkw einschließlich leichter Nutzfahrzeuge, Westeuropa = EU15 + EFTA

<sup>13</sup> BRIC: Brasilien, Russland, Indien und China

<sup>14</sup> Brasilien: Pkw einschließlich leichter Nutzfahrzeuge, Indien: Pkw-Dichte geschätzt (VDA)

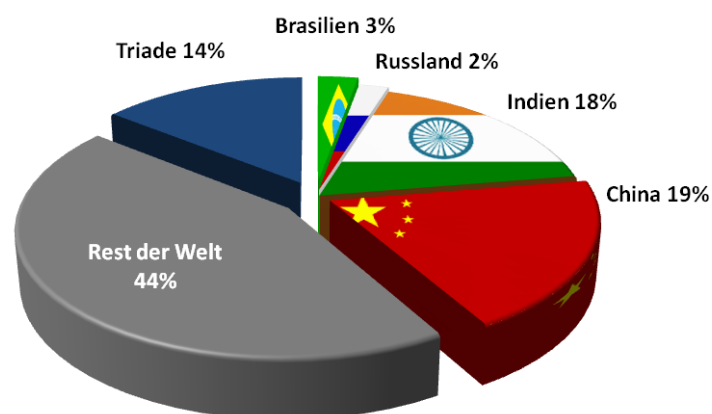
und 2012 anhand der GDP<sup>15</sup>-Entwicklung im Vergleich zu Deutschland und den USA.



**Abbildung 1.2: Durchschnittliches jährliches GDP pro Kopf-Wachstum 1998-2012**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Weltbank)

Durch die niedrigen Pkw-Dichten besteht in den BRIC-Staaten ein hohes Wachstumspotential, wobei von deren außerordentlichen Bevölkerungszahlen eine große Hebelwirkung ausgeht. Die nachfolgende **Abbildung 1.3** zeigt, dass auf die BRIC-Staaten mehr als 40 Prozent der Weltbevölkerung entfallen, etwa 38,5 Prozent hiervon vereinigen alleine China und Indien. Würde China eine zum westeuropäischen Durchschnitt ähnliche Pkw-Dichte von 500 Pkw pro 1.000 Einwohner erreichen, entspräche das einem Bestand von etwa 675 Millionen Pkw.



**Abbildung 1.3: Weltbevölkerungsanteile der BRIC-Staaten im Jahr 2012**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Weltbank)

<sup>15</sup> GDP: Gross Domestic Product (Bruttoinlandsprodukt), hier GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar), Definition siehe Anhang C

Die Auswirkungen der wachsenden Motorisierung in derart bevölkerungsreichen Staaten wird insbesondere in China deutlich, dessen Neuwagenmarkt sich rapide innerhalb von zehn Jahren auf mehr als 13 Millionen im Jahr 2012 fast verzweifachte. Angesichts des rasanten Aufstiegs zum weltgrößten Pkw-Markt ist China bereits heute einer der Kernmärkte für Automobilhersteller geworden. Die nachfolgende **Tabelle 1.4** stellt den Weltmarktabsatz und den Absatz ausgewählter deutscher OEMs<sup>16</sup> auf dem chinesischen Pkw-Markt gegenüber.

	Weltmarkt (in 1.000)		China (in 1.000)		Anteil China	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Mercedes-Benz Cars	1.452	1.566	208	239	14,3%	15,3%
BMW Group	1.845	1.964	327	392	17,7%	20,0%
Audi	1.455	1.575	329	411	22,6%	26,1%
Volkswagen Pkw	5.772	5.924	2.083	2.459	36,1%	41,5%
<b>Summe</b>	<b>10.524</b>	<b>11.029</b>	<b>2.947</b>	<b>3.501</b>	<b>28,0%</b>	<b>31,7%</b>

**Tabelle 1.4: Absatzanteile ausgewählter OEMs auf dem chinesischen Pkw-Markt**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Geschäftsberichte der OEMs)

Aus Tabelle 1.4 wird die besondere Bedeutung des chinesischen Pkw-Marktes für die Automobilhersteller und im speziellen für den Volkswagen-Konzern deutlich. Die Marke Volkswagen Pkw erzielt inzwischen mehr als 40 Prozent ihres Weltmarktabsatzes auf dem chinesischen Markt. Die starke Abhängigkeit der OEMs von China und die drastische Auswirkung, die ein volatiles Marktverhalten auf deren Kapazitätsauslastung haben würde, zeigt bereits die Notwendigkeit einer bestmöglichen Abschätzung der dortigen Marktentwicklung. Planungsfehler können hier einen folgenreichen Schaden verursachen.

Gleichwohl ist der Planungsbedarf weder auf China noch auf die Automobilhersteller beschränkt. Die Verlagerung der Absatzschwerpunkte, eine damit einhergehende wachsende Zahl zukünftiger Zielmärkte und weltweit zunehmende Bestände führen zu steigenden Herausforderungen für verschiedene Interessensgruppen. Neben OEMs, die eine bestmögliche Prognose von Ort, Geschwindigkeit und Muster zukünftigen Wachstums für ihre frühzeitige Kapazitäts- und Absatzplanung benötigen, sind etwa Mineralölgesellschaften von Bedarfsabschätzungen zur rechtzeitigen Bereitstellung der Infrastruktur abhängig. Auch Regierungen müssen neben infra-

<sup>16</sup> OEM: Original Equipment Manufacturer (Automobilhersteller)

strukturellen Maßnahmen gegebenenfalls vorbeugend im Hinblick auf klimatische Konsequenzen einer wachsenden Motorisierung eingreifen können.

Doch abseits der außerordentlich potentialstarken BRIC-Staaten existieren noch einige weitere Länder, die ebenfalls von einer Pkw-Marktsättigung noch weit entfernt sind, während sich deren Wirtschaft zunehmend entwickelt. Zur Identifikation weiterer zukünftiger Fokusbereiche hat es in diesem Rahmen verschiedene Analysen gegeben. Nach erfolgreicher Etablierung des Akronyms ‚BRIC‘ stellte GOLDMAN SACHS Ende 2005 die ‚Next 11‘ bzw. ‚N-11‘ vor. Hierbei handelt es sich um eine Zusammenstellung weiterer besonders bevölkerungsreicher Entwicklungsmärkte, zu denen Bangladesch, Ägypten, Indonesien, Iran, Korea, Mexiko, Nigeria, Pakistan, Philippinen, Türkei und Vietnam zählen.<sup>17</sup> PRICEWATERHOUSECOOPERS veröffentlichte im März 2006 den Report ‚*The World in 2050*‘, in dem mit den ‚E7‘ sogenannte Emerging Economies betrachtet werden, zu denen neben den BRIC-Staaten auch Mexiko, Indonesien und die Türkei gerechnet werden. Im März 2008 erfolgte eine Erweiterung auf nunmehr 20 betrachtete Staaten.<sup>18</sup> OLIVER WYMAN hob im Jahr 2012 in Bezug auf die kontinuierliche Erschließung neuer Absatz- und Produktionsmärkte insbesondere China und die Tigerstaaten (Südkorea, Taiwan, Singapur und Hongkong) sowie die VISTA-Länder<sup>19</sup> hervor, die in den Vorjahren für die Automobilindustrie verstärkt an Bedeutung gewonnen hatten.<sup>20</sup> Im selben Jahr identifizierte das CAR<sup>21</sup>-Institut insgesamt fünfzehn Staaten als sogenannte Länder der zweiten Welle, da sie im Schatten der BRIC-Staaten noch langsam wachsen und zu einem späteren Zeitpunkt deren Beispiel folgen sollen.<sup>22</sup>

## 1.2 Untersuchungsgegenstand

Das vorangegangene Kapitel verdeutlicht, dass sich in der letzten Dekade eine Verschiebung der Absatzschwerpunkte vollzogen hat, die sich auch weiterhin fortsetzen wird. Infolge der Sättigung der Triade-Märkte wird die dortige Pkw-Nachfrage

---

<sup>17</sup> Vgl. O'Neill et al. (2005), S. 7

<sup>18</sup> Vgl. Hawksorth/Cookson (2008), S. 1–32

<sup>19</sup> VISTA: Vietnam, Indonesien, Südafrika, Thailand und Argentinien

<sup>20</sup> Vgl. VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2012), S. 9

<sup>21</sup> CAR: Center Automotive Research an der Universität Duisburg-Essen

<sup>22</sup> Vgl. Dudenhöffer/Pietron/Stephan (2012), S. 28–31



fast ausschließlich der Ersatzbedarfsdeckung dienen. Die Absatzpotentiale abseits der Triade bilden demgegenüber zunehmend ein Übergewicht aus. Der Interessenschwerpunkt gilt infolge der Größe und damit verbundener Volumina zunächst vornehmlich den BRIC-Staaten. Tatsächlich wächst die Motorisierung aber zeitgleich in einer Vielzahl von Staaten weltweit. Aufgrund ihrer Anzahl und weitaus geringerer Bevölkerungsgrößen sind die Nachfragepotentiale in den Nicht-BRIC-Staaten der Nicht-Triade deutlich weniger konzentriert, wodurch eine größere Unsicherheit hinsichtlich der strategischen Bedeutung jedes einzelnen Marktes besteht.

Um den zukünftigen Entwicklungsverlauf unreifer Märkte abzuschätzen, aggregieren Langfristprognosen Daten über die Bestandsentwicklung, die während der Motorisierungsentwicklung inzwischen vollständig reifer oder fortgeschrittener Staaten gewonnen wurden. Aus diesen bisherigen Beobachtungswerten wird über Wachstumsmodelle ein ‚Regel-Verlauf‘ gewonnen. Anschließend wird unterstellt, dass auch jene Märkte, die sich gegenwärtig in der Anfangsphase ihres Motorisierungswachstums befinden, dieser Wachstumskurve folgen. Wachstumsmuster von ‚Ausreißern‘, also Ländern, deren Verlauf in der Vergangenheit ein vom Regel-Verlauf abweichendes Bild zeigte, werden hierbei oftmals nicht tiefergehend betrachtet. Vielmehr wird vornehmlich dasjenige Wachstumsmuster als Basis für eine Prognose von Entwicklungsländern herangezogen, das sich mit den Erfahrungswerten aus möglichst vielen Referenzstaaten deckt.

Dieser grundsätzliche Analogieschluss kann zu einer erheblichen Fehleinschätzung führen, sofern der jeweilig interessierende Staat tatsächlich eher die Charakteristik eines der ignorierten Ausreißer aufweist. Die vorliegende Arbeit untersucht daher zunächst vorhandene Ansätze zur Langfristprognose von Wachstumsmärkten. In einem zweiten Schritt wird ein durchschnittlicher Wachstumsverlauf ermittelt und Ausreißer-Staaten identifiziert, deren Bestandsentwicklungen hiervon deutlich abweichen. Drittens versucht diese Arbeit eine Erklärung für diese Andersartigkeit zu finden, die zu einem abweichenden Wachstumsmuster führt. In einem vierten Schritt überprüft sie für eine Vielzahl bislang schwach motorisierter Staaten, inwiefern dort ähnliche Merkmale als Voraussetzung für ein ebenfalls abweichendes Wachstumsmuster vorhanden sind.

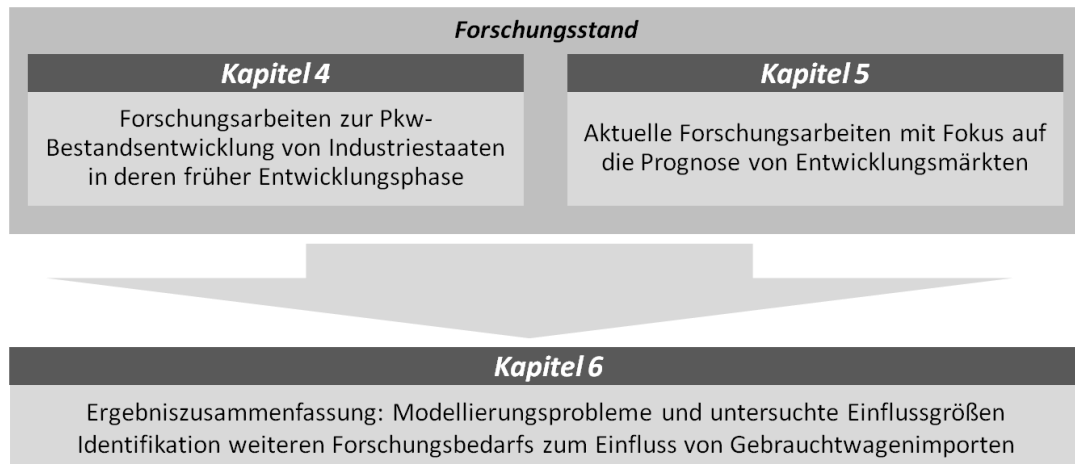
### 1.3 Vorgehen/Methodik

Das nachfolgende Kapitel – Kapitel 2 – definiert zunächst den Begriff der Prognose, klassifiziert unterschiedliche Prognosearten und grenzt Langfristprognosen unter Verwendung von Wachstumsfunktionen von sonstigen Prognoseverfahren ab. Das dritte Kapitel stellt die Basis-Wachstumsfunktionen und daraus abgeleitete Erweiterungen vor.

Da diese Arbeit die Wachstumsmuster von Staaten in frühen Entwicklungsphasen vor Erreichen ihrer Reifephase fokussiert, teilt sich die Betrachtung bisheriger Forschungsarbeiten in zwei Teile auf. Zunächst werden im vierten Kapitel Forschungsarbeiten und Prognosen aus jener Zeit betrachtet, zu der sich die USA, Deutschland und Großbritannien jeweils in einem frühen Entwicklungsstadium befanden. Diese Arbeiten sind insofern von besonderer Bedeutung, als zu jener Zeit keinerlei oder nahezu keine Erfahrungswerte über die langfristige Entwicklung von Pkw-Märkten und Pkw-Beständen vorlagen.

Den zweiten Teil der Betrachtung bisheriger Forschung bildet das fünfte Kapitel, das sich mit jüngeren Forschungsarbeiten befasst, deren Schwerpunkt die Langfristprognose von Wachstumsmärkten bildet. Diese sind allesamt zu Zeiten entstanden, zu denen bereits umfangreiche Erfahrungswerte über alle Phasen der Pkw-Marktentwicklung aus mittlerweile weit entwickelten Staaten vorlagen.

Dem schließt sich Kapitel 6 an, das eine Ergebniszusammenfassung hinsichtlich der Modellierungsprobleme und untersuchter Einflussgrößen vornimmt. Zudem wird weiterer Forschungsbedarf in Bezug auf die Rolle von Gebrauchtwagenimporten für den Bestandsentwicklungsprozess nicht reifer Pkw-Märkte identifiziert. Die nachfolgende **Abbildung 1.4** veranschaulicht diesen Ablauf noch einmal.



**Abbildung 1.4: Ablaufschaubild zu Kapitel 4 bis Kapitel 6**

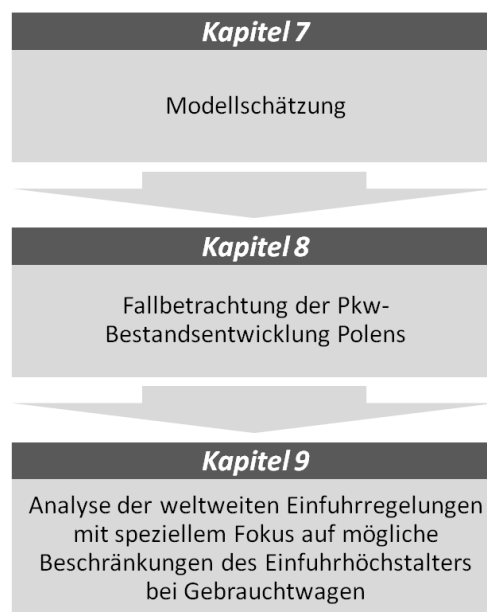
(Quelle: Eigene Darstellung)

Im siebten Kapitel wird zunächst mittels GOMPERTZ-Funktion auf Basis von Zeitreihendaten aus 63 Ländern ein durchschnittlicher Zusammenhang zwischen Pro-Kopf-GDP<sup>23</sup> und Pkw-Dichte geschätzt. Beim Vergleich der resultierenden S-Kurve mit den Zeitreihenwerten einzelner Staaten fällt auf, dass die meisten osteuropäischen Länder oberhalb, die asiatischen in der Regel unterhalb der GOMPERTZ-Kurve liegen. Zudem zeigen einige Nationen, unter diesen vor allem Polen, ein bei gegebenem GDP pro Kopf untypisches Bestandswachstum. Dies wird zum Anlass genommen zu überprüfen, ob und inwiefern eine Schätzung mittels Dummy-Variablen für osteuropäische und asiatische Staaten zu unterschiedlichen Kurvenverläufen führt.

Zur näheren Untersuchung des stark abweichenden polnischen Wachstumsmusters erfolgt eine detaillierte Fallbetrachtung der Bestandsentwicklung Polens seit 2003. Dabei zeigt sich, dass der außerordentlich starke Bestandsanstieg seit dem Jahr 2003 vornehmlich von importierten Gebrauchtwagen getrieben war. Deren überwiegend hohes Alter bei der Einfuhr bedeutet eine kostengünstige Motorisierungsoption, die einen höheren Motorisierungsgrad bei vergleichsweise geringem Pro-Kopf-GDP ermöglicht. Das Ausmaß dieses beschleunigten Motorisierungswachstums durch Zugang zu kostengünstigen Gebrauchtwagen aus dem Ausland wird im Fall Polens abgeschätzt, indem die Wachstumsentwicklung von diesem Sondereffekt bereinigt wird.

<sup>23</sup> GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar)

Auf Grundlage dieser Erkenntnis schließt sich im neunten Kapitel eine Betrachtung der größten Gebrauchtwagen exportierenden Märkte sowie eine Untersuchung und Analyse der altersseitigen Einfuhrbeschränkungen nicht reifer Pkw-Märkte und somit potentieller Gebrauchtwagenimporteure an. Ziel dieser Analyse ist die Identifikation solcher Märkte, welche die Voraussetzungen erfüllen, zukünftig ähnliche Wachstumsmuster nach dem Vorbild Polens bestreiten zu können. Dieser Ablauf wird von nachfolgender **Abbildung 1.5** noch einmal gezeigt.



**Abbildung 1.5: Ablaufschaubild zu Kapitel 7 bis Kapitel 9**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Das zehnte und letzte Kapitel dieser Arbeit schließt mit einem Fazit, einer Zusammenfassung des wissenschaftlichen Beitrags und den sich aus dem Untersuchungsergebnis ergebenden Implikationen sowie weiterführenden Fragestellungen.

## 2 Prognose und Prognoseverfahren

Ziel dieses Kapitels ist die Vorstellung und Abgrenzung unterschiedlicher Klassen von Prognoseverfahren. Zunächst wird hierzu der Begriff ‚Prognosemodell‘ definiert.

### 2.1 Begriffsdefinition

Unter einem Prognosemodell wird ein System verstanden, das beobachtete Werte einer Variablen, die vorhergesagt werden soll und gelegentlich Werte weiterer Variablen enthält und diese nach definierten Regeln miteinander in Beziehung setzt. Folge dieser Verknüpfung sind daraus entstehende Vorhersagewerte oder Prognosewerte.<sup>24</sup> Unter Absatzprognosen werden systematische und auf Empirie gegründete Vorhersagen über das zukünftige Eintreffen von Situationen am Markt verstanden. Diese Vorhersagen beruhen auf pragmatischen Erfahrungen oder theoretischen Erkenntnissen, in jedem Fall aber auf Informationen qualitativer und quantitativer Art.<sup>25</sup> Wie im folgenden Kapitel dargestellt wird, können Prognosen durch eine Vielzahl von Kriterien unterschiedlichen Klassen zugeordnet werden.

### 2.2 Klassifikation von Prognosemodellen

Als qualitative Verfahren werden jene Methoden verstanden, bei denen die Verknüpfung der abhängigen und unabhängigen Variablen verbalargumentativ erfolgt.<sup>26</sup> Qualitativen bzw. heuristisch orientierten Verfahren liegt also kein mathematisches Modell zugrunde.<sup>27</sup> Stattdessen basieren diese auf Heuristiken bzw. Erfahrungstatbeständen.<sup>28</sup> Bei quantitativen Verfahren hingegen wird die Beziehung

---

<sup>24</sup> Vgl. Hansmann (1983), S. 12

<sup>25</sup> Vgl. Pepels (1995), S. 86

<sup>26</sup> Vgl. Hansmann (1983), S. 12

<sup>27</sup> Vgl. Berekoven/Eckert/Ellenrieder (2009), S. 250

<sup>28</sup> Vgl. Pepels (1995), S. 86–89

mittels mathematischer Operationen in Form eines Gleichungssystems hergestellt.<sup>29</sup> Der Fokus liegt im Folgenden auf quantitativen Verfahren.

Darüber hinaus lassen sich Prognosen jeweils nach Anzahl der unabhängigen und abhängigen Variablen unterscheiden. Bei einer univariaten Prognose werden die Vorhersagewerte nur von einer einzigen unabhängigen Variable abgeleitet, während bei multivariaten Verfahren mehrere unabhängige Variablen auf die Vorhersagewerte wirken. In Abhängigkeit davon, ob nur eine abhängige Variable existiert oder mehrere, handelt es sich um eine einfache oder multiple Prognose.<sup>30</sup>

In Relation zur Länge des Prognosezeitraums werden Kurzfrist-, Mittelfrist- oder Langfrist-Prognosen unterschieden. Für die Abgrenzung dieser Klassen existiert keine allgemeingültige Regel. Vielmehr sind der Abstand zwischen den einzelnen Beobachtungswerten, auf denen eine Vorhersage basiert und der jeweilige Untersuchungsgegenstand hierfür ausschlaggebend.<sup>31</sup> Als Langfristprognosen werden meist solche ab einem Vorhersagehorizont von mindestens drei Jahren bezeichnet. Zum maximalen Vorhersagezeitraum schlägt LEWANDOWSKI für Planungszwecke zehn Jahre vor,<sup>32</sup> während BEREKOVEN/ECKERT/ELLENRIEDER bei mehr als fünf Jahren Vorhersagehorizont schon von einer Projektion sprechen.<sup>33</sup> „Das Ziel der langfristigen Prognose ist aber nicht eine deterministische Kenntnis der Zukunft, was zudem nicht möglich ist, sondern ihr Ziel ist es, die Unsicherheitsspanne zu verringern.“<sup>34</sup>

Eine weitere wesentliche Unterscheidung grenzt deskriptive von deterministischen bzw. analytischen Verfahren ab. Ein deskriptives Verfahren ermittelt die Prognosegröße durch reine Fortschreibung einer Zeitreihe, ohne Berücksichtigung weiterer Einflussgrößen.<sup>35</sup> Unter einer Zeitreihe wird dabei eine Folge oftmals reeller Grö-

---

<sup>29</sup> Vgl. Hansmann (1983), S. 12

<sup>30</sup> Vgl. Pepels (1995), S. 86–89

<sup>31</sup> Vgl. Hansmann (1983), S. 12–13, vgl. auch Berekoven/Eckert/Ellenrieder (2009), S. 243

<sup>32</sup> Vgl. Lewandowski (1974), S. 248

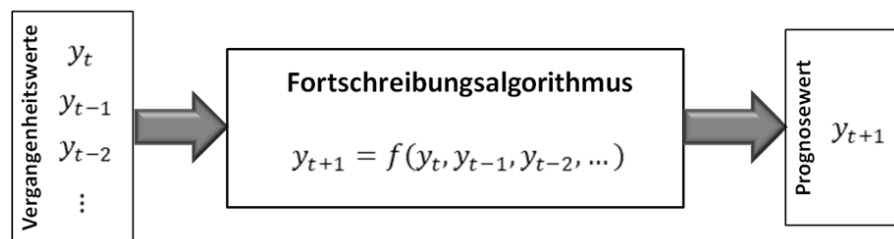
<sup>33</sup> Vgl. Berekoven/Eckert/Ellenrieder (2009), S. 243

<sup>34</sup> Lewandowski (1974), S. 246

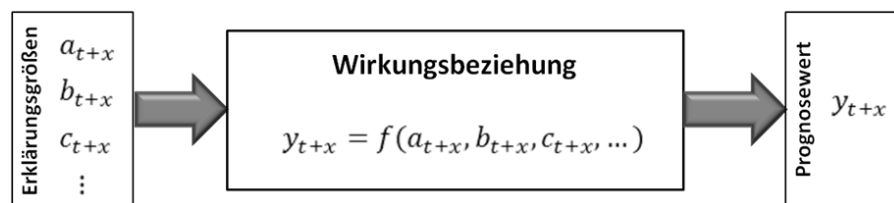
<sup>35</sup> Vgl. Pepels (1995), S. 97–106

ßen verstanden, die in einer diskreten Zeit anfallen und zu dieser erfasst werden.<sup>36</sup> Dabei wird die sogenannte Zeitstabilitätshypothese getroffen. Es wird davon ausgegangen, dass die aus der bisherigen Zeitreihe gewonnenen Erkenntnisse bzw. Entwicklungsmechanismen auch über diesen Beobachtungszeitraum hinaus weiterhin Gültigkeit besitzen werden.<sup>37</sup> Gemäß diesen Zusammenhängen werden die Prognosewerte aus den Vergangenheitswerten extrapoliert. Bei einem deterministischen Verfahren hingegen wird die Prognosegröße aus anderen Einflussgrößen abgeleitet.<sup>38</sup> Bei solchen Wirkungs- oder Erklärungsmodellen (auch Kausalmodellen) wird angenommen, dass die eine oder auch mehrere unabhängige Variablen einen Erklärungszusammenhang zur Prognosevariablen aufweisen.<sup>39</sup> Analog zur Zeitstabilitätshypothese wird in einem solchen Fall unterstellt, dass der ermittelte Wirkungszusammenhang zumindest für den Vorhersagezeitraum Gültigkeit behält.<sup>40</sup> Die nachfolgende **Abbildung 2.1** veranschaulicht noch einmal den Unterschied zwischen (rein extrapolierenden) Zeitreihenprognosen und Kausalprognosen, die Prognose- und Erklärungsgröße(n) durch einen Wirkungszusammenhang verknüpfen.

#### Zeitreihenfortschreibung (deskriptives Zeitreihenmodell)



#### Kausalprognose (Wirkungsmodell)



**Abbildung 2.1: Strukturvergleich von Zeitreihen- und Kausalprognosen**

(Quelle: Eigene Darstellung)

<sup>36</sup> Vgl. Kreiß/Neuhaus (2006), S. 1

<sup>37</sup> Vgl. Hansmann (1983), S. 11

<sup>38</sup> Vgl. Pepels (1995), S. 97–106

<sup>39</sup> Vgl. Makridakis/Hyndman/Wheelwright (1998), S. 10

<sup>40</sup> Vgl. Helmstädter (1976), S. 10

In Abhängigkeit davon, ob die Zukunftswerte aus den Vergangenheitswerten einer Variablen hergeleitet werden oder auf denen mehrerer Variablen basieren, werden monokausale und multikausale Methoden unterschieden.<sup>41</sup> Ein monokausales Modell, dessen einzige Erklärungsvariable die Zeit ist, wird auch Entwicklungsprognosemodell genannt. Gehen neben der Zeit noch weitere Erklärungsvariablen ein, oder ist die einzige Erklärungsvariable nicht die Zeit, handelt es sich um ein Wirkungsprognosemodell. Dementsprechend sind Entwicklungsprognosen meist deutlich zeitraumbezogen, während Wirkungsprognosen oftmals zeitlose Aussagen treffen.<sup>42</sup>

Anhand des Aggregations- und des Abstraktionsgrades können Mikromodelle von Makromodellen unterschieden werden. Infolge der Aggregation bleibt das möglicherweise heterogene Verhalten der einzelnen Elemente (zum Beispiel der Marktteilnehmer) in Makromodellen unberücksichtigt. Makromodelle betrachten das Problem also aus der Vogelperspektive. Mikromodelle hingegen berücksichtigen individuelles Verhalten stärker und erlauben eine spätere Aggregation (beispielsweise zur Absatzprognose).<sup>43</sup> Das nachfolgende **Abbildung 2.2** fasst die vorgestellten Kategorisierungsebenen noch einmal zusammen.



**Abbildung 2.2: Kategorisierung von Prognosemodellen**

(Quelle: Eigene Darstellung)

<sup>41</sup> Vgl. Berekoven/Eckert/Ellenrieder (2009), S. 244

<sup>42</sup> Vgl. Meffert/Steffenhagen (1977), S. 36–37

<sup>43</sup> Vgl. Meffert/Steffenhagen (1977), S. 37–38



## 2.3 Quantitative Verfahren

Nachdem mögliche Modellkategorien vorgestellt wurden, wird im Folgenden detaillierter auf einzelne Typen quantitativer Verfahren eingegangen. Unter den quantitativen Verfahren existieren vier Methoden mit unterschiedlichem Kern-Einsatzbereich:

- (1) Klassische Zeitreihenverfahren (Zeitreihenfortschreibung).
- (2) Erweiterte Zeitreihenverfahren.
- (3) Trendmodelle.
- (4) Wirkungsmodelle (Regressionsmodelle/Ökonometrische Modelle).

### 2.3.1 Klassische Zeitreihenverfahren

Mit einer Zeitreihenanalyse wird das Ziel verfolgt, in einer zeitlichen Abfolge aufgetretene und voneinander abhängige Daten zu beschreiben. Deren Abhängigkeitsstruktur wird modelliert, um aus dieser Zukunftswerte prognostizieren zu können.<sup>44</sup> Im Rahmen der Zeitreihenanalyse wird nur der Verlauf der Beobachtungswerte im Zusammenspiel mit der Zeit beschrieben, ohne weitere Faktoren zu suchen, die das Systemverhalten beeinträchtigen könnten.<sup>45</sup>

Häufig wird die Annahme getroffen, dass sich eine Zeitreihe aus vier Komponenten zusammensetzt, die separat untersucht werden können:<sup>46</sup>

- (1) Trendkomponente  $T$ , die durch langfristig wirkende Ursachen bedingt wird.
- (2) Zyklische Komponente  $Z$ , deren Verlauf den Konjunkturzyklus reflektiert (wellenförmiger Verlauf).
- (3) Saisonkomponente  $S$ , deren Verlauf auf jahreszeitliche oder institutionelle Ursachen zurückzuführen ist (wellenförmiger Verlauf).
- (4) Irreguläre Komponente  $U$ , deren Verlauf nicht auf bestimmte Ursachen zurückgeführt werden kann. Die Werte bewegen sich regellos um den Wert null.  $U_t$  sind Residualgrößen, die den Charakter von Zufallsschwankungen aufweisen (auch als Rauschen bezeichnet).

---

<sup>44</sup> Vgl. Kreiß/Neuhaus (2006), S. 4

<sup>45</sup> Vgl. Makridakis/Hyndman/Wheelwright (1998), S. 10

<sup>46</sup> Vgl. Stier (2001), S. 8–9

Oftmals findet keine explizite Unterscheidung zwischen Trendkomponente und zyklischer Komponente statt. Die Verknüpfung der Komponenten kann additiv, multiplikativ oder in Mischformen geschehen.<sup>47</sup>

Darüber hinaus existiert eine Vielzahl von Extrapolationsalgorithmen unterschiedlicher Komplexität. Zu den einfachsten Methoden gehört das Verfahren des gleitenden Durchschnitts. Bei diesem wird zunächst ein Vergangenheitszeitraum der Länge  $n$  als Stützbereich festgelegt. Anschließend ergibt sich der Prognosewert als Durchschnitt der im Vergangenheitszeitraum aufgetretenen Beobachtungswerte. Dem liegt die Idee zugrunde, dass Ausreißer unter den Vergangenheitswerten durch Gewichtung mit dem Faktor  $\frac{1}{n}$  geglättet werden. Eine Erweiterung ist das Prinzip der exponentiellen Glättung, bei dem die Gewichtungsfaktoren nicht als konstant angenommen werden, sondern jüngere Vergangenheitswerte stärker gewichtet werden als länger zurückliegende. Im einfachsten Fall wird der jüngste Beobachtungswert mit  $\alpha$  ( $0 < \alpha \leq 1$ ) und der jüngste Prognosewert mit  $(1 - \alpha)$  gewichtet, wodurch ältere Werte mit exponentiell kleiner werdenden Gewichten eingehen.<sup>48</sup> Über dieses einfache Verfahren mit starren Gewichtungsfaktoren hinaus wurden weitere Methoden entwickelt, die eine dynamische Anpassung des Gewichtungsparameters vornehmen, etwa die Methoden von CHOW und SMITH.<sup>49</sup> Einen vertiefenden, umfassenden Überblick über den Forschungsstand der Verfahren der exponentiellen Glättung gibt GARDNER in seinem Review *Exponential Smoothing: The State of the Art - Part II*.<sup>50</sup>

Aus der Tatsache, dass der Stützbereich bei einer klassischen Zeitreihenprognose alleine aus Vergangenheits-Beobachtungswerten der Prognosegröße besteht, wird deutlich, dass der Rückschluss hieraus auf die zukünftige Entwicklung nur kurzfristig möglich sein kann. Zum einen ist eine solche Prognose mangels Berücksichtigung weiterer Erklärungsgrößen empfindlich gegenüber Strukturbrüchen und unterstellt zudem durch die Zeitstabilitätshypothese, dass solche Strukturbrüche inner-

---

<sup>47</sup> Vgl. Stier (2001), S. 8–9

<sup>48</sup> Vgl. Hansmann (1983), S. 27–28

<sup>49</sup> Vgl. Hansmann (1983), S. 40–41

<sup>50</sup> Vgl. Gardner (2006)

halb des Prognosehorizonts nicht existieren. Zum anderen bedingt die rekursive Struktur, dass der Zielprognosewert einer Vorhersage, die mehrere Perioden in die Zukunft blickt, bereits aus prognostizierten Werten extrapoliert ist.

### 2.3.2 Erweiterte Zeitreihenverfahren

Einen Kompromiss, der die kurzfristige Genauigkeit einer Zeitreihenfortschreibung mit der Fähigkeit der Reaktion auf kurzfristige, unerwartete Eingriffe verbinden soll, schlagen DUDENHÖFFER/BORSCHIED für den konkreten Anwendungsfall von Pkw-Absatzprognosen vor. Sie nehmen eine Erweiterung von Zeitreihenmodellen durch sogenannte explikative Faktoren vor. Solche Sondereinflüsse können zum Beispiel sein:<sup>51</sup>

- (1) Modellplanungen der Automobilhersteller.
- (2) Besondere Marketing-Aktivitäten der OEMs.
- (3) Fahrzeugpreisänderungen oder Veränderungen der Unterhaltskosten (Benzin, Steuer, Versicherung).
- (4) Änderung in verbundenen Märkten (Gebrauchtwagenmarkt).
- (5) Änderung in den ökonomischen Faktoren (Wachstumsrate des Sozialprodukts, Arbeitslosenquote, etc.).

Die Prognosefunktion wird durch eine Analyse der Wirkungsmechanismen der genannten Sondereinflüsse in der Vergangenheit gebildet. Nach Einschätzung von DUDENHÖFFER/BORSCHIED sind Zeitreihenverfahren mit integrierten Sondereinflüssen für gesättigte Märkte treffsicherer als ökonometrische Modelle.<sup>52</sup>

Nachdem in diesem Abschnitt auf Verfahren mit kurz- und mittelfristigem Prognosehorizont eingegangen wurde, wie sie hauptsächlich in gesättigten Märkten ohne größere zu erwartende Strukturbrüche Anwendung finden, wird nachfolgend mit den Methoden der Verwendung mathematischer Trendkurven und ökonometrischer Wachstumsmodelle auf Verfahren zur langfristigen Prognose eingegangen.

---

<sup>51</sup> Vgl. Dudenhöffer/Borscheid (2004), S. 196

<sup>52</sup> Vgl. Dudenhöffer/Borscheid (2004), S. 196–199

### 2.3.3 Trendmodelle

Bei der Verwendung mathematischer Trendkurven zur Prognose handelt es sich ebenfalls um eine weitestgehend extrapolative Methode, die auf eine explizite Berücksichtigung weiterer externer Erklärungsgrößen verzichtet. Die Verwendung mathematischer Trendkurven basiert auf der Annahme, dass die wahrscheinlichste Zukunfts-Entwicklungsrichtung diejenige Richtung ist, die sich in der Vergangenheit bereits abgezeichnet hat. Notwendig ist hierfür die Untersuchung, ob in der Vergangenheit bereits ein Trend beobachtbar war, der auf einer mathematisch definierbaren und glatten (also stetig differenzierbaren) Kurve liegt. Ist dies der Fall, so besteht die Möglichkeit, die Kurve in die Zukunft weiterzuführen und auf diese Weise die weitere Entwicklung zu antizipieren.<sup>53</sup>

Mittels einer Trendkurve kann zum Beispiel die Entwicklung der Nachfrage nach einem Produkt charakterisiert werden, die von verschiedensten Einflussfaktoren bestimmt wird. Hierzu können etwa Einsatzmöglichkeiten, Preis, technologischer Fortschritt und weitere Determinanten gehören. Die Trendkurve bündelt die Einflüsse aller Faktoren in einer mathematischen Gleichung.<sup>54</sup> Die Zeit nimmt hier jedoch als einzige unabhängige Variable lediglich eine stellvertretende Rolle ein, indem sie eine Menge von Einflussfaktoren aggregiert, die in einem Wirkungszusammenhang mit der Prognosegröße stehen.<sup>55</sup> Um den langfristigen Kurvenverlauf von Märkten in frühen Entwicklungsstadien zu antizipieren, kann die sogenannte Analogieschätzung verwendet werden. Diese unterstellt, dass die Entwicklung auf dem betreffenden Markt dem Verlauf auf einem zeitlich vorgelagerten Markt entspricht. Aufgrund ähnlicher Ausgangs- und Rahmenbedingungen wird von einem übereinstimmenden Verlaufsmuster der Beobachtungsgröße ausgegangen.<sup>56</sup>

HARRISON definiert die folgenden sechs Trendkurven als Basis-Trendkurven:<sup>57</sup>

- (1) Lineare Funktion (Straight line).

---

<sup>53</sup> Vgl. Harrison/Pearce (1972), S. 150–151

<sup>54</sup> Vgl. Harrison/Pearce (1972), S. 151

<sup>55</sup> Vgl. Meffert/Steffenhagen (1977), S. 78

<sup>56</sup> Vgl. Pepels (2004), S. 325–326

<sup>57</sup> Vgl. Harrison/Pearce (1972), S. 151

- (2) Quadratische Funktion (Parabola).
- (3) Einfache Exponentialfunktion (Simple Exponential).
- (4) Logistisch quadratische Funktion (Log Parabola).
- (5) Modifizierte Exponentialfunktion (Modified Exponential).
- (6) GOMPERTZ-Funktion (GOMPERTZ).

Auf diese und weitere Funktionen wird im nachfolgenden Hauptkapitel zum Thema Wachstumsfunktionen (Kapitel 3) noch einmal detailliert eingegangen.

## 2.3.4 Wirkungsmodelle

### 2.3.4.1 Ökonometrische Modelle

Im vorangegangenen Abschnitt wurden sogenannte Trendmodelle vorgestellt. Bei Trendmodellen werden alle existierenden Einflussgrößen, die auf die zu untersuchende Variable wirken, gebündelt durch die Zeit ausgedrückt. Eine explizite Quantifizierung einzelner Einflussgrößen bleibt ebenso aus wie eine Erklärung, warum sich die Beobachtungsgröße verändert. Eine Möglichkeit hierzu bieten sogenannte ökonometrische Modelle, in denen die Beobachtungsgröße als Ergebnis von Wirkungsbeziehungen determiniert wird. Synonym wird auch von Indikatormodellen, Kausalmodellen oder Wirkungsmodellen gesprochen. Solche Modelle basieren auf gesicherten statistischen Zusammenhängen zwischen Prognosegröße und Erklärungsvariable(n).<sup>58</sup> Auf Wirkungsmodelle für langfristige Prognosen soll in diesem Kapitel eingegangen werden.

Inhalt theoretischer ökonometrischer Forschung ist die auf Annahmen zur Erklärung der Realität basierende Hypothesenbildung. Die empirische Forschung prüft diese Hypothesen auf Realitätsgehalt. Diese Überprüfung kann durch Experimente oder vergangenheitsgestützt mittels historischer Daten erfolgen.<sup>59</sup>

---

<sup>58</sup> Vgl. Meffert/Steffenhagen (1977), S. 78–79

<sup>59</sup> Vgl. Auer (2011), S. 2

Entsprechend dieses Vorgehens umfasst jede ökonometrische Aufgabenstellung zwei Kernaufgaben:<sup>60</sup>

- (1) Spezifikation eines Modells.
- (2) Schätzung bzw. Quantifizierung des Modells.

Ergebnis der Modellspezifikation ist ein aufgestellter funktionaler Zusammenhang zwischen der zu erklärenden Variable und den Erklärungsgrößen. Dieser enthält jedoch Parameter, die zunächst noch nicht quantifiziert sind. Die Quantifizierung wird im zweiten Schritt durch die Modellschätzung mit Hilfe von Eingangsdaten vorgenommen. Zur Modellschätzung ist die Regressionsanalyse ein wichtiges Werkzeug. „Die Regressionsanalyse ist also ein statistisches Verfahren, welches versucht die Veränderung einer sog. erklärten, abhängigen oder endogenen Variablen (Regressand) über die Veränderungen einer Reihe sog. erklärender, unabhängiger oder exogener Variablen (Regressoren) durch Quantifizierung einer einzelnen Gleichung zu erklären.“<sup>61</sup>

Bei den zur Modellschätzung mittels Regression verwendeten Eingangsdaten kann es sich um eine der folgenden drei Datenarten handeln:<sup>62</sup>

- (1) Längsschnittdaten bzw. Zeitreihendaten: ein Objekt zu mehreren Beobachtungszeitpunkten.
- (2) Querschnittsdaten: mehrere Objekte zu einem einheitlichen Beobachtungszeitpunkt.
- (3) Paneldaten: mehrere Objekte zu mehreren Beobachtungszeitpunkten.

Bei einer Quantifizierung des Modells unter Verwendung von Querschnitts- oder Paneldaten wird demzufolge implizit unterstellt, dass die Wirkungszusammenhänge zwischen Regressand und Regressoren für alle verschiedenen Beobachtungsobjekte gleichermaßen gelten.

---

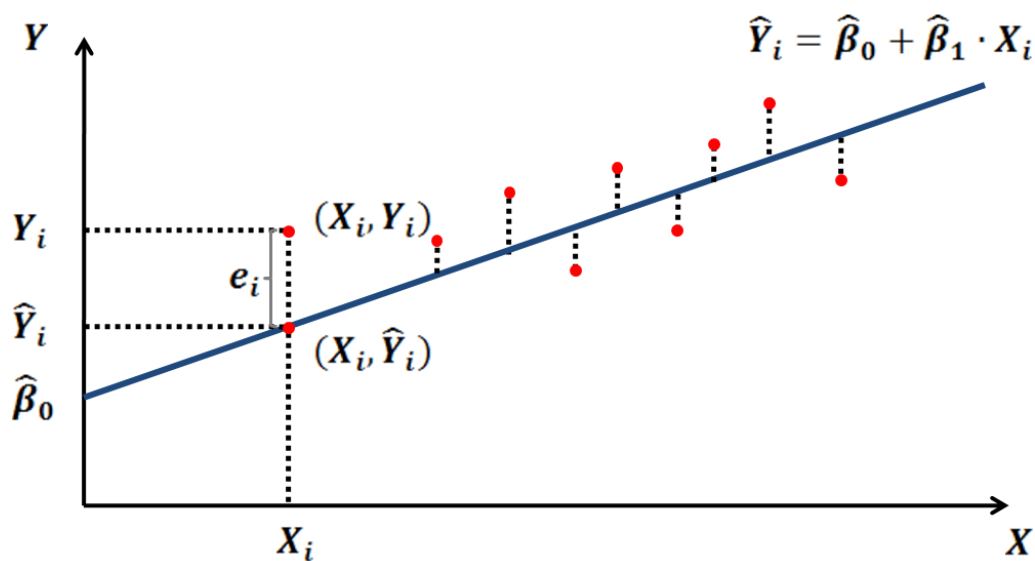
<sup>60</sup> Vgl. Auer (2011), S. 4

<sup>61</sup> Auer/Rottmann (2011), S. 419

<sup>62</sup> Vgl. Auer (2011), S. 11–12

### 2.3.4.2 Modellschätzung mittels linearer und nichtlinearer Regression

Im einfachsten Regressionsfall, dem der linearen Regression, erfolgt die Quantifizierung in der Regel durch das Verfahren der kleinsten Quadrate, auch OLS<sup>63</sup>-Verfahren genannt. Ziel der linearen Regression ist die Ermittlung derjenigen Parameter  $\beta_0$  und  $\beta_1$ , die für einen vorliegenden Datensatz aus  $n$  Wertepaaren  $(X_i, Y_i)$  den funktionalen Zusammenhang  $Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_i$  bestmöglich repräsentieren. Unter der bestmöglichen Repräsentation wird diejenige verstanden, bei der die Quadratsumme der Residuen ihren minimalen Wert annimmt. Als Residuum wird dabei jeweils der Fehler  $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$  zwischen dem mittels Funktionsgleichung ermitteltem Schätzwert  $\hat{Y}$  und dem tatsächlichen  $Y$ -Wert bezeichnet.<sup>64</sup> Die nachfolgende **Abbildung 2.3** veranschaulicht diese Zusammenhänge noch einmal grafisch und zeigt die entstehende Regressionsgerade.



**Abbildung 2.3: OLS-Schätzung im Fall linearer Regression**

(Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Auer/Rottmann (2011), S. 421)

Bei dem exemplarisch gezeigten Fall der linearen Regression handelt es sich um einen vergleichsweise einfachen Fall, denn die verwendete Schätzfunktion ist eine lineare Funktion mit nur zwei, zunächst unbekannten, Parametern und somit ausreichend bestimmt für eine analytischen Lösung. Demgegenüber sind Regressionsschätzungen auch mit komplexeren, nichtlinearen Schätzfunktionen möglich.

<sup>63</sup> OLS: Ordinary Least Squares (Verfahren der kleinsten Quadrate)

<sup>64</sup> Vgl. Auer/Rottmann (2011), S. 420–421

Einige solcher Funktionen wurden in Kapitel 2.3.3 als Basis-Trendkurven bereits genannt. Aufgrund des ungleich höheren Aufwands und Komplexitätsgrades der Modellschätzung mittels nichtlinearer Regression gegenüber dem linearen Fall sollte einer Anwendung stets eine Aufwands-Nutzen-Abwägung vorausgehen. Der linearen Variante sollte stets der Vorzug gegeben werden, solange dies zu keiner Vernachlässigung wesentlicher Aspekte führt.<sup>65</sup> Bei Vorliegen eines intrinsisch nichtlinearen Modells, also eines Modells, das sich nicht durch eine geeignete Transformation linearisieren lässt, existiert zur Koeffizientenschätzung mittels nichtlinearer Regression allerdings keine Alternative.<sup>66</sup>

Die Bestimmung der Parameterschätzungen ist im nichtlinearen Fall grundsätzlich nicht auf analytischem Wege über ein lineares Gleichungssystem möglich. Stattdessen sind iterative Verfahren nötig. Diese iterativen Verfahren benötigen für eine erfolgreiche Schätzung im Vorfeld Startwerte.<sup>67</sup> Ein solches iteratives Verfahren zur Gewinnung nichtlinearer Kleinst-Quadrate-Schätzer ist etwa die LEVENBERG-MARQUARDT-Methode als eine Kombination aus dem GAUSS-NEWTON-Verfahren und dem Gradienten-Verfahren.<sup>68</sup> Um ein weiteres Verfahren, das vor allem bei Optimierungsproblemen unter zusätzlichen Nebenbedingungen eingesetzt wird, handelt es sich bei der sequenziellen quadratischen Optimierung (SQP), auch LAGRANGE-NEWTON-Methode genannt.<sup>69</sup> Beide Verfahren sind auch im Statistikprogramm SPSS für die Durchführung nichtlinearer Regressionen implementiert.

Die Güte der vom Iterationsalgorithmus a priori benötigten Startwerte ist besonders wichtig, da sie maßgeblich die Qualität des Schätzergebnisses beeinflusst. Zudem ist nicht garantiert, dass der Algorithmus konvergiert. Ferner wird die Iteration bei Erreichen des vorher festgelegten Konvergenzkriteriums abgebrochen, wodurch nicht gewährleistet ist, dass es sich bei einem gefundenen Optimum auch um ein globales Optimum handelt. Neben einem gefundenen Optimum ist die Existenz einer geeigneteren Parameterkonstellation, die zu einem besseren Bestimmtheits-

---

<sup>65</sup> Vgl. Backhaus et al. (2011), S. 509–514

<sup>66</sup> Vgl. Cohen (2003), S. 254

<sup>67</sup> Vgl. Cohen (2003), S. 251

<sup>68</sup> Vgl. Bates/Watts (1988), S. 80–82, vgl. auch Backhaus/Erichson/Weiber (2011), S. 55

<sup>69</sup> Vgl. Backhaus/Erichson/Weiber (2011), S. 57



maß führt, möglich.<sup>70</sup> Zur Gewinnung geeigneter Startwerte wird daher die Verwendung der Parameterergebnisse aus Vorabschätzungen mit vereinfachten Modellannahmen oder auch eine grafische oder analytische Interpretation des Verhaltens der Schätzfunktion in Bezug auf die Parameter empfohlen.<sup>71</sup> Zwar ist der Rechenaufwand dank moderner Computer problemlos zu bewältigen, dennoch entscheiden die Startwerte darüber, ob und wie schnell der Algorithmus konvergiert.<sup>72</sup>

Bei der linearen Regression ist eine Prognose mit der geschätzten Modellgleichung unverzerrt und besitzt den minimalen quadratischen Fehler. Diese Eigenschaften lassen sich jedoch nicht auf eine Prognose auf Basis nichtlinearer Regression übertragen, was daran liegt, dass die Prognosefehler im Gegensatz zur linearen Regression nicht normalverteilt mit Erwartungswert gleich null sind. Es lässt sich demzufolge keine Aussage darüber treffen, ob der Prognosefehler für gegebene Schätzwerte geringer ist, als für alternative Koeffizientenschätzungen.<sup>73</sup> Auch statistische Tests zur Feststellung der Modellgüte oder zur Prüfung der Signifikanz der Parameter, die bei der linearen Regression zum Einsatz kommen, lassen sich nicht auf den nichtlinearen Fall übertragen.<sup>74</sup> Für Standardabweichung und Konfidenzintervalle gelten nicht dieselben Formel-Zusammenhänge wie im linearen Fall. Es existiert keine Formel, mit deren Hilfe auf direktem Wege Konfidenzintervalle für die nichtlineare Modellgleichung angegeben werden können.<sup>75</sup>

#### 2.3.4.3 Prognoseanwendung ökonometrischer Modelle

Wurde erfolgreich ein funktionaler Zusammenhang aufgestellt, der die Wirkungsweise zwischen den unabhängigen und der abhängigen Variable zuverlässig abbildet, kann dieser als Prognosefunktion verwendet werden. Eine wesentliche Voraussetzung ist jedoch, dass die unabhängigen Variablen rechtzeitig (das heißt zeitlich vor der abhängigen) verfügbar bzw. bekannt sind. Hierfür gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder korrelieren die unabhängige(n) und abhängige Variable(n) mit zeitli-

---

<sup>70</sup> Vgl. Backhaus et al. (2011), S. 509–514

<sup>71</sup> Vgl. Bates/Watts (1988), S. 72

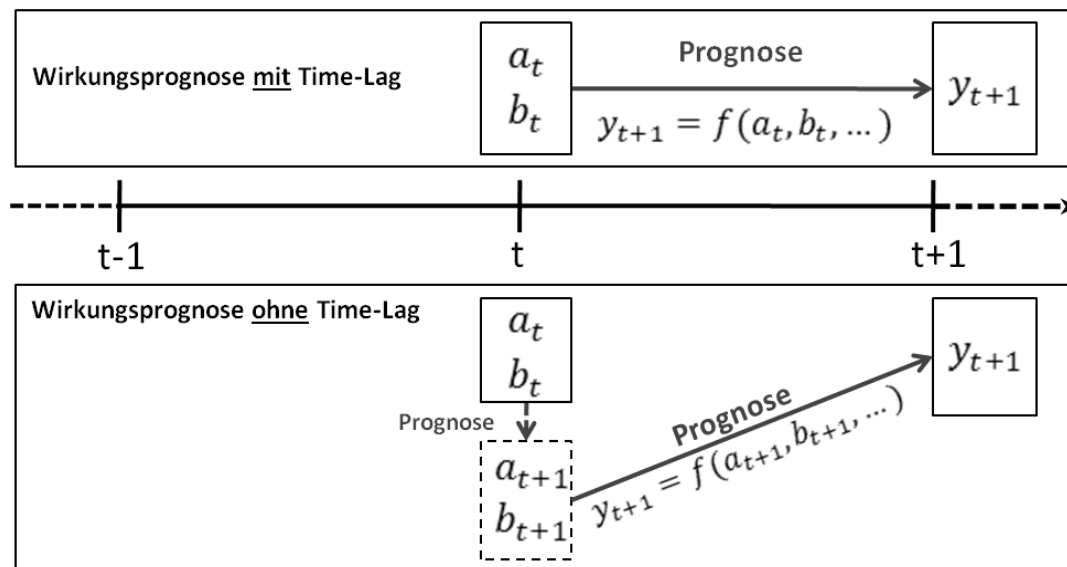
<sup>72</sup> Vgl. Backhaus/Erichson/Weiber (2011), S. 22

<sup>73</sup> Vgl. Pindyck/Rubinfeld (1998), S. 270

<sup>74</sup> Vgl. Backhaus et al. (2011), S. 509–514

<sup>75</sup> Vgl. Pindyck/Rubinfeld (1998), S. 270

chem Versatz, dann liegt ein sogenanntes Time-Lag vor, oder die exogenen Größen müssen zunächst für die interessierende Periode prognostiziert werden. Anschließend können diese in die Regressionsfunktion eingesetzt werden. Dies ergibt aber nur dann Sinn, wenn die unabhängigen Größen leichter zu prognostizieren sind als die abhängige Variable.<sup>76</sup> Die beiden Fälle (Vorliegen und Nicht-Vorliegen eines Time-Lags) sind in nachfolgender **Abbildung 2.4** noch einmal veranschaulicht.



**Abbildung 2.4: Prognosen auf Basis unabhängiger Variablen mit/ohne Time-Lag**

(Quelle: Eigene Darstellung)

MEFFERT/STEFFENHAGEN weisen bei dieser oftmals notwendigen Vorabprognose der erklärenden Variablen auf ein Dilemma hin, denn eine theoretische Stärke ökonometrischer (Kausal-)Modelle ist die Reagibilität auf Strukturbrüche. Um einen solchen Strukturbruch in der Prognosevariable abbilden zu können, muss der Wert mindestens einer Erklärungsvariable deutlich von seinem Vorperiodenwert abweichen. Da aber die Erklärungsgrößen selbst häufig durch Trendmodelle fortgeschrieben werden, ist fraglich, ob aus einer solchen Trendprognose eine kurzfristige deutliche Erklärungsvariablenänderung hervorgehen kann.<sup>77</sup>

Zu den Vorzügen ökonometrischer Modelle gehört deren Beitrag zum besseren Verständnis ökonomischer Systeme und ihrer Wirkzusammenhänge. Darüber hin-

<sup>76</sup> Vgl. Hansmann (1983), S. 126

<sup>77</sup> Vgl. Meffert/Steffenhagen (1977), S. 84

aus eröffnen sie die Möglichkeit, unterschiedliche Szenarien durchzuspielen. Diesen Vorzügen stehen ein höherer Aufwand hinsichtlich des Aufbaus und der Modellschätzung gegenüber anderen statistischen Verfahren sowie der ständige Anpassungsbedarf solcher Modelle gegenüber.<sup>78</sup> Eine Modellschätzung für die vorher vorgestellten Trendmodelle funktioniert analog zur Schätzung ökonometrischer Modelle, jedoch besitzen diese lediglich die Zeit als einzige unabhängige Variable.

Ein weiteres und jüngerer Verfahren, das zur Gewinnung von Prognosen eingesetzt werden kann, ist die Methode der sogenannten neuronalen Netze. Neuronale Netze benötigen gegenüber vielen anderen Methoden ein Vielfaches an Eingangsdaten bzw. Beobachtungswerten, sind dann aber auch flexibler und lassen kompliziertere Modelle zu.<sup>79</sup> Frühe Reviews aus den 1990er Jahren waren von der Prognosegüte neuronaler Netze nicht überzeugt. Jüngere zeigen hingegen, dass neuronale Netze in verschiedenen Anwendungsfällen ebenbürtig, aber nicht besser sind als etablierte Extrapolationsmethoden.<sup>80</sup> Aufgrund der Vielzahl benötigter Eingangsdaten und der Datenknappheit in Märkten, die sich in frühen Entwicklungsstadien befinden, wird hier auf diese Methode nicht weiter eingegangen.

## 2.4 Fazit

Prognosefunktionen, die auf den voranstehend vorgestellten vier Methoden basieren, lassen sich in Abhängigkeit ihrer Eingangsgrößen wie folgt formalisieren:

(1) Klassisches Zeitreihenverfahren:

$$Y_{t+1} = f(Y_t, Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots)$$

**Formel 2.1: Klassisches Zeitreihenverfahren**

Eine zusätzliche Komponenten-Zerlegung ist wie folgt möglich:

$$Y_t = T_t + Z_t + S_t + U_t$$

**Formel 2.2: Mögliche Komponentenzerlegung von Zeitreihen**

<sup>78</sup> Vgl. Makridakis/Hyndman/Wheelwright (1998), S. 301–302

<sup>79</sup> Vgl. Makridakis/Hyndman/Wheelwright (1998), S. 435–436

<sup>80</sup> Vgl. Armstrong/Green (2011), S. 8–9

(2) Erweitertes Zeitreihenverfahren:

$$Y_{t+1} = f(Y_t, Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, x_1, x_2, \dots)$$

**Formel 2.3: Erweiterte Zeitreihenverfahren**

Mögliche Komponenten-Zerlegung mit zusätzlichen erklärenden Faktoren:

$$Y_t = T_t + Z_t + S_t + U_t + x_1 + x_2 + \dots$$

**Formel 2.4: Mögliche Komponentenzerlegung mit weiteren erklärenden Faktoren**

(3) Trendmodell:

$$Y_{t+1} = f(t + 1)$$

**Formel 2.5: Trendmodell**

(4) Wirkungsmodell:

$$Y_{t+1} = f(x_1, x_2, x_3, \dots)$$

**Formel 2.6: Wirkungsmodell**

$Y_t$	Prognosegröße zum Zeitpunkt $t$ ( $t > 0$ )
$T_t$	Trendkomponente zum Zeitpunkt $t$
$Z_t$	Zyklische Komponente zum Zeitpunkt $t$
$S_t$	Saisonale Komponente zum Zeitpunkt $t$
$U_t$	Residualgröße zum Zeitpunkt $t$
$x_i$	Beliebige Erklärungsgröße (z.B. Bruttoinlandsprodukt) zum Zeitpunkt $i \leq t + 1$

Welcher Periode die Größen  $x_i$  entstammen müssen, die zur Erklärung der Prognosegröße in Fall (2) und (4) herangezogen werden, hängt davon ab, ob ein Time-Lag vorliegt. Es kann also die Prognoseperiode  $t + 1$  oder jeder frühere Zeitpunkt sein.

In diesem Kapitel wurden verschiedene Arten von Prognosemodellen voneinander abgegrenzt und insbesondere auf Modelle für langfristige Prognosen eingegangen,

die auf Wachstumsfunktionen zurückgreifen. Ist die unabhängige Variable die Zeit, handelt es sich um ein Trendmodell. Bei ökonometrischen Modellen wird ein Wirkungszusammenhang zwischen einer oder mehreren Erklärungsgrößen, die in Form von unabhängigen Variablen auftreten, unterstellt. Ein Vorteil von Wirkungsmodellen ist die Option, die Modellschätzung auch mit Querschnittsdaten durchführen zu können. Sofern keine entsprechende Zeitreihe vorliegt, die den Trend geeignet oder langfristig genug abbilden kann, besteht die Möglichkeit, unter Annahme einer Analogie die Beobachtungswerte unterschiedlicher Prognose-Subjekte zu nutzen.

Darüber hinaus wurden die Modellschätzung mittels Regression und die bei nichtlinearer Regression auftretenden Probleme erläutert. Das nachfolgende Kapitel greift das Thema der nichtlinearen Funktionen, vor allem sogenannter Wachstumsfunktionen auf. Hierzu werden zum einen Wachstumstheorien und zum anderen damit verbundene Funktionen vorgestellt, die in Verbindung mit der Methode der nichtlinearen Regression zur Modellierung von Wachstumsproblemen und Langfristprognosen eingesetzt werden können.



### 3 Wachstum und Wachstumsmodellierung

Wachstumsforschung hat in der Naturwissenschaft, vor allem in der Biologie und Ökologie im Bereich der Populationsdynamik, eine langjährige Tradition.<sup>81</sup> Darüber hinaus wurden Wachstumskurven in der Vergangenheit bereits mit unterschiedlichem Erfolg für die Modellierung und Prognose verschiedener Märkte verwendet, insbesondere im Telekommunikationsbereich, in dem zwecks Kapazitätsplanung mittelfristige und langfristige Nachfrageprognosen benötigt wurden.<sup>82</sup>

Im vorangegangenen Kapitel wurde im Zusammenhang mit Trend- und ökonometrischen Modellen darauf verwiesen, dass in solchen Modellansätzen davon ausgegangen wird, dass bisherige Beobachtungswerte und zukünftige Zeitreihenwerte auf glatten (also stetig differenzierbaren) Funktionen liegen. Ausgangspunkt für eine empirische Wachstumskurve ist ein Streudiagramm, in dem Messwerte der Größe eines Objekts oder Individuums über der Zeit dargestellt werden. Auch in diesem Anwendungsfall wird angenommen, dass der Wachstumsverlauf – abgesehen von zufälligen Ausreißern – einer glatten Kurve folgt. Ferner wird davon ausgegangen, dass diese theoretische Wachstumskurve zu einer Schar parametrisierter Funktionen  $f(t; \theta)$  gehört, wobei das Ziel die Schätzung der Parameter  $\theta$  ist.<sup>83</sup>

Dieses Kapitel stellt nun einige Funktionsansätze vor, die in derartigen Methoden zur Anwendung kommen können. Da viele Entwicklungs- und Wirkungszusammenhänge mit der Zeit oder anderen wirkenden Einflussfaktoren in einem nichtlinearen Zusammenhang stehen,<sup>84</sup> wird im Folgenden vertieft auf Modelle eingegangen, die zur Abbildung von Wachstumsverläufen geeignet sind.

---

<sup>81</sup> Vgl. Engel (2010), S. 145

<sup>82</sup> Vgl. Meade (1995), S. 199

<sup>83</sup> Vgl. Seber/Wild (1989), S. 325–326

<sup>84</sup> Vgl. Backhaus/Erichson/Weiber (2011), S. 22

### 3.1 Unbeschränktes Wachstum und Funktionen

Zunächst soll auf die ersten drei der sechs Funktionstypen eingegangen werden, die bereits in Kapitel 2.3.3 als Basis-Trendkurven erwähnt wurden: die lineare Funktion, die Exponentialfunktion und die quadratische Funktion (bzw. Parabel). Deren jeweilige Funktionsgleichung ist zusammen mit deren Änderungsrate in allgemeiner Form in der nachfolgenden **Tabelle 3.1** aufgeführt.

Funktionstyp	Funktionsgleichung	Änderungsrate
<b>Lineare Funktion</b>	$f(x) = a \cdot x + b$	$\frac{df}{dx} = a$
<b>(Natürliche) Exponentialfunktion</b>	$f(x) = e^x$	$\frac{df}{dx} = e^x$
<b>Quadratische Funktion (Parabel)</b>	$f(x) = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$	$\frac{df}{dx} = 2 \cdot a \cdot x + b$
<b>Parameterdefinition</b>	$a > 0, b \geq 0, c \geq 0$	

**Tabelle 3.1: Übersicht einiger Funktionstypen und deren Änderungsraten**

Die Änderungsrate einer linearen Funktion ist eine Konstante, in Tabelle 3.1 mit  $a$  benannt. Bezeichnet  $x$  etwa die Periode, so zeigt sie für  $a > 0$  einen konstanten absoluten Periodenzuwachs, womit einhergeht, dass der relative periodische Zuwachs sukzessive sinkt. Ein starker relativer Nachfragerückgang bereits von Beginn an ist aber für frühe Entwicklungsstadien eines Marktes ungewöhnlich. Nichtsdestoweniger können auch andere Kurven für einen begrenzten Zeitraum lineares Wachstum aufweisen, bevor der jährliche Zuwachs zu schrumpfen beginnt.<sup>85</sup>

Im Fall der Exponentialfunktion ist die Änderungsrate proportional zum jeweils aktuell vorliegenden Funktionswert  $f(x)$ . Dies hat die Konsequenz, dass die Änderungsrate mit wachsendem  $x$  stetig weiter anwächst. Die relative Änderung ist ein konstanter Prozentsatz, so dass die absolute Änderung kontinuierlich zunimmt. Ein solches Wachstumsverhalten kann befristet auftreten, jedoch ist ein dauerhaftes Anhalten im Marktwachstumsfall in der Praxis unwahrscheinlich.<sup>86</sup>

<sup>85</sup> Vgl. Harrison/Pearce (1972), S. 151–152

<sup>86</sup> Vgl. Harrison/Pearce (1972), S. 152–153



Die Funktionenfamilie der Parabeln erlaubt die Darstellung einer Vielzahl von Wachstumsmustern. Eine Parabel kann eine adäquate Trendkurve zur Wachstumsdarstellung von Produkten in deren frühem oder mittleren Entwicklungsstadium sein.<sup>87</sup> Langfristig wächst aber auch die in Tabelle 3.1 aufgeführte quadratische Funktion mit steigendem  $x$  weiter, woraus deutlich wird, dass die Änderungsrate der drei vorgestellten Funktionen für (positiv) wachsende  $x$  niemals zurückgehen wird. Somit können solche Funktionen in Ermangelung einer oberen Wachstumschranke ausschließlich unbeschränktes Wachstum darstellen. Im Gegensatz zum exponentiellen Kapitalwachstum zeigen Erfahrungen aus der Beobachtung von Tierwachstum, Pflanzenwachstum oder auch der Ausbreitung von Gütern auf einem Absatzmarkt aber, dass die Annahme unbegrenzten Wachstums oftmals unzutreffend ist. Für Wachstumsmuster, bei denen eine obere Schranke den Zuwachs begrenzt, existieren daher wiederum eigene Funktionsklassen. Derartige Wachstumsmuster können etwa durch von Beginn an abnehmende Änderungsraten bis hin zur Sättigung oder eine S-förmig verlaufende, sogenannte Sigmoid-Funktion abgebildet werden.

### 3.2 Beschränktes Wachstum und Funktionen

Im vorigen Kapitel wurde auf die ersten drei der bereits vorher als Basis-Trendfunktionen erwähnten Wachstumsfunktionen eingegangen. Diese repräsentieren allesamt unbeschränktes Wachstum. Die nachfolgenden drei Funktionstypen, die MEADE/ISLAM als die Basis-Wachstumsmodelle bezeichnen, können demgegenüber beschränktes Wachstum abbilden:<sup>88</sup>

- (1) Die modifizierte Exponentialfunktion.
- (2) Die (einfache) logistische Funktion.
- (3) Die GOMPERTZ-Kurve.

Von diesen Basis-Wachstumsmodellen existieren noch weitere Ableitungen.<sup>89</sup> Nachfolgend wird nun detaillierter auf solche Modelle eingegangen.

---

<sup>87</sup> Vgl. Harrison/Pearce (1972), S. 152

<sup>88</sup> Vgl. Meade (1995), S. 199–200

<sup>89</sup> Vgl. Meade (1995), S. 199–200

### 3.2.1 Die modifizierte Exponentialfunktion

Einfache Organismen wachsen durch Zellteilung. Wenn  $t$  die Zeit und  $f$  die Größe des Organismus ist, führt die funktionale Darstellung zu:<sup>90</sup>

$$\frac{df}{dt} = \beta \cdot f \text{ bzw. } f(t) = e^{\beta \cdot (t-\gamma)}$$

**Formel 3.1: Differentialgleichung/Lösung: Proportionales Organismus-Wachstum**

$f(t)$	Größe des Organismus zum Zeitpunkt $t$ ( $t \geq 0$ )
$\beta$	Parameter (beeinflusst die Wachstumsgeschwindigkeit, $\beta > 0$ )
$\gamma$	Parameter

Das würde bedeuten, dass die Wachstumsrate proportional zur jeweils aktuellen Größe  $f$  wäre und für  $\beta > 0$  unendliches Wachstum folgen würde. Demgegenüber existiert bei biologischem Wachstum in aller Regel eine Grenze, die den Zuwachs bei einer Größe  $M$  enden lässt. Eine einfache Annahme, die zu beschränktem Wachstum führt, ist eine zum Wachstumsmanco proportionale Zuwachsrate. Das Wachstumsmanco ist die Differenz zwischen finaler Größe nach Wachstumsabschluss  $M$  und gegenwärtiger Größe  $f$ . Daraus folgt für ein beliebiges  $\beta > 0$ :<sup>91</sup>

$$\frac{df}{dt} = \beta \cdot (M - f)$$

**Formel 3.2: Differentialgleichung: Begrenztes proportionales Organismus-Wachstum**

Die Lösung dieser Differentialgleichung kann parametrisiert werden zu:<sup>92</sup>

$$f(t) = M - (M - \alpha) \cdot e^{-\beta \cdot t}$$

**Formel 3.3: Modifizierte Exponentialfunktion**

$f(t)$	Größe des Organismus zum Zeitpunkt $t$ ( $t \geq 0$ )
$M$	Parameter (Asymptote bzw. Sättigungslevel, Bedingung für Wachstum: $M > \alpha > 0$ )

<sup>90</sup> Vgl. Seber/Wild (1989), S. 327

<sup>91</sup> Vgl. Seber/Wild (1989), S. 327

<sup>92</sup> Vgl. Seber/Wild (1989), S. 327

$\alpha$	Parameter (Startgröße, $\alpha = f(0)$ )
$\beta$	Parameter (beeinflusst die Wachstumsgeschwindigkeit, $\beta > 0$ )

Eine gängige Parametrierung dieser Funktion folgt, wenn  $(M - \alpha)$  durch ein alternatives  $\alpha$  ersetzt wird. Es folgt unter Hinzunahme einer Störgröße:<sup>93</sup>

$$f(t) = M - \alpha \cdot e^{-\beta \cdot t} + \varepsilon_t$$

**Formel 3.4: Modifizierte Exponentialfunktion mit alternativer Parametrierung**

$f(t)$	Wachstum/Größe/Population/Bestand zum Zeitpunkt $t$ ( $t \geq 0$ )
$M$	Parameter (Asymptote, Sättigungslevel)
$\alpha$	Parameter (Wert von $(M - \alpha)$ bestimmt den $Y$ -Achsenabschnitt), $\alpha > 0$
$\beta$	Parameter (beeinflusst die Wachstumsgeschwindigkeit, je größer $\beta$ , desto steiler der Anstieg), $\beta > 0$
$\varepsilon$	Fehlergröße/Störgröße

Eine andere mögliche Parametrierung mit einem zusätzlichen Parameter  $\gamma$  lautet:

$$f(t) = M \cdot (1 - e^{-\beta \cdot (t - \gamma)})$$

**Formel 3.5: Modifizierte Exponentialfunktion mit alternativer Parametrierung (2)**

Dieses Modell wird oftmals das monomolekulare Wachstumsmodell genannt.<sup>94</sup> Die Namensgebung stammt daher, dass ihr Verlauf den Aufbau des entstehenden Produkts bei der chemischen Reaktion eines Einzelmoleküls abbildet.<sup>95</sup> In wiederum veränderter Parametrierung taucht es als NEWTON'sches Abkühlungsgesetz oder asymptotisches Regressionsmodell auf. Wird es verwendet, um das Verhältnis von Ernteertrag und Düngermenge zu modellieren, wird es auch MITSCHERLICHs Gesetz oder MITSCHERLICH-Funktion genannt.<sup>96</sup> Die modifizierte Exponential-

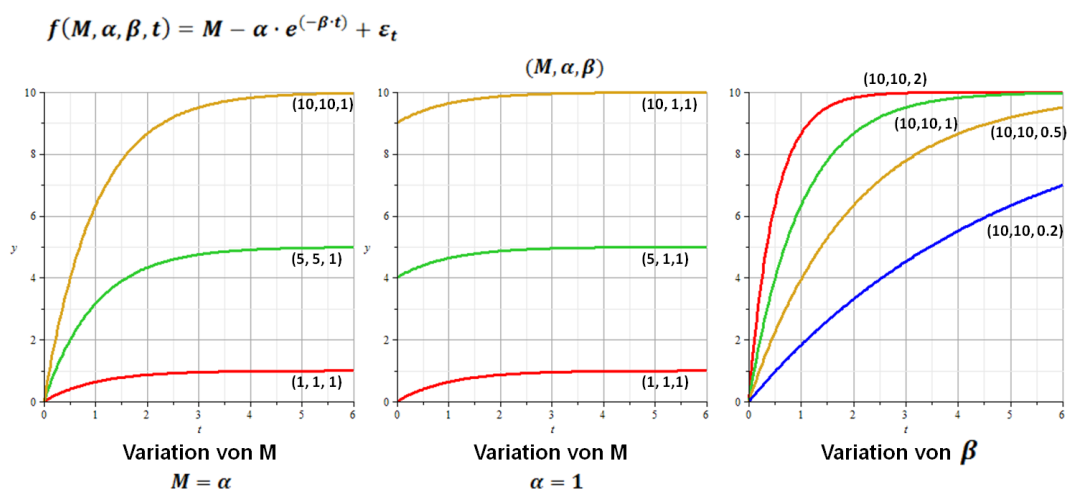
<sup>93</sup> Vgl. Seber/Wild (1989), S. 327–328, vgl. Meade (1995), S. 200

<sup>94</sup> Vgl. Seber/Wild (1989), S. 328

<sup>95</sup> Vgl. Bolker (2008), S. 94

<sup>96</sup> Vgl. Seber/Wild (1989), S. 328

funktion ist eine drei-parametrische Funktion ohne Wendepunkt, deren Steigung bis zum Erreichen ihrer Asymptote monoton zurückgeht. Da die obere Asymptote der Maximalwert der Funktion ist, wird diese Asymptote in Prognoseanwendungen als das Sättigungslevel verstanden.<sup>97</sup> Durch die genannten Eigenschaften besitzt sie hinsichtlich ihrer Gestalt im Vergleich zu anderen Funktionen weniger Freiheitsgrade. Die nachfolgende **Abbildung 3.1** zeigt beispielhafte Kurvenverläufe der modifizierten Exponentialfunktion mit Variationen ihrer drei Parameter.



**Abbildung 3.1: Modifizierte Exponentialfunktion mit Variation der Parameter**

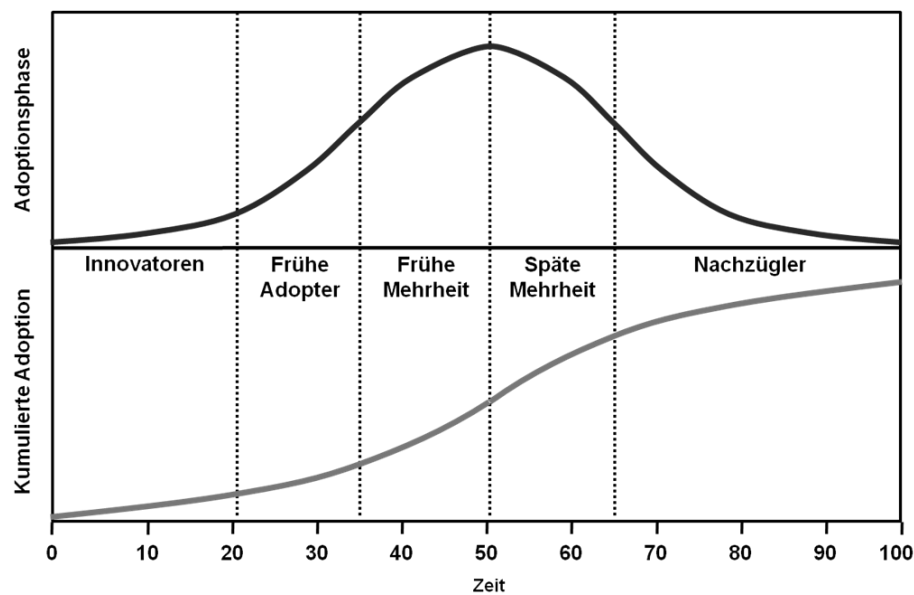
(Quelle: Eigene Darstellung)

Im ersten Teil der Abbildung werden die Parameter  $M$  und  $\alpha$  jeweils gleichzeitig auf denselben Wert geändert. Der Parameter  $M$  legt den Wert der Asymptote fest. Der y-Achsenabschnitt wird durch die Differenz  $(M - \alpha)$  definiert. Dieser Effekt ist beim Vergleich des ersten Teils mit dem zweiten Teil der Abbildung erkennbar. Im dritten Teil der voranstehenden Abbildung 3.1 wird der Parameter  $\beta$  variiert. Je größer der Parameter  $\beta$  ausfällt, desto steiler verläuft der Kurvenanstieg, was zu einem früheren Erreichen der Asymptote führt.

Der von der modifizierten Exponentialfunktion vorgegebene Verlauf, der durch zunächst hohe und fortan kontinuierlich abnehmende Änderungsraten gekennzeichnet ist, spiegelt sich jedoch in Zeitreihendaten von Wachstumsverläufen häufig nicht wider. Somit steht der Verlauf nicht im Einklang mit sogenannten Diffu-

<sup>97</sup> Vgl. Meade (1995), S. 200

sionsmodellen, die den Ausbreitungsprozess einer Innovation im Zeitverlauf abbilden.<sup>98</sup> ROGERS definiert Diffusion als denjenigen Prozess, bei dem eine Innovation durch bestimmte Kanäle zwischen den Mitgliedern eines sozialen Systems im Zeitablauf kommuniziert wird. Dies führt schließlich zur sukzessiven Adoption dieser Innovation, also der Übernahme der betreffenden Innovation durch jene Individuen.<sup>99</sup> Einen solchen Ausbreitungsprozess zeigt die nachfolgende **Abbildung 3.2**. Deren obere Kurve bildet den normalverteilten Adoptionsverlauf im Zeitverlauf ab.



**Abbildung 3.2: Diffusionsprozess: Adoptionsverlauf und kumulierte Adoption**

(Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Meade/Islam (2006), S. 520)

Die Kumulation der Adopterzahlen, bzw. eine Integration der Diffusionsrate führt wiederum zur S-förmigen Diffusionskurve der kumulierten Adopterzahl (bzw. dem Diffusionsgrad).<sup>100</sup> Den hier beschriebenen S-förmigen Verlauf veranschaulicht der untere Teil der voranstehenden Abbildung 3.2. Jene Sigmoid-förmige Kurve beschreibt ein sukzessive ansteigendes Wachstum bis zum Erreichen eines Maximums, auf das ein kontinuierlicher Wachstumsrückgang mit vollständigem Abklingen bis auf null folgt. Gegenüber der Exponentialfunktion besitzen solche Sigmoid-

<sup>98</sup> Vgl. Mahajan/Muller/Bass (1990), S. 15

<sup>99</sup> Vgl. Rogers (2003), S. 11

<sup>100</sup> Vgl. Wintz (2010), S. 21

Funktionen einen Wendepunkt, in dem die maximale Wachstumsrate erreicht wird.<sup>101</sup> Einige Vertreter dieser Klasse werden im Folgenden vorgestellt.

### 3.2.2 Die einfache logistische Funktion

Eine der in der Wachstumsliteratur am weitesten verbreiteten Funktionen dieses Typs ist die logistische Funktion (auch autokatalytische Funktion genannt).<sup>102</sup> Die logistische Funktion geht auf VERHULST zurück, der diese im Jahre 1838 empirisch herleitete, um mit deren Hilfe das Wachstum von Populationen oder Organen zu beschreiben.<sup>103</sup> Die logistische Funktion weist die bereits erwähnte Sigmoid-Gestalt auf.<sup>104</sup> Ihr Verlauf ist zu Beginn durch starkes Wachstum wie bei einer Exponentialfunktion gekennzeichnet, das nach Erreichen des Wendepunktes wieder abklingt und schließlich seine Asymptote erreicht.<sup>105</sup> Die logistische Funktion ist hierbei punktsymmetrisch zu ihrem Wendepunkt.<sup>106</sup> Sie kann durch die nachfolgende Formel beschrieben werden:<sup>107</sup>

$$f(t) = \frac{M}{1 + \alpha \cdot e^{(-\beta \cdot t)}} + \varepsilon_t$$

**Formel 3.6: Logistische Funktion**

$f(t)$	Wachstum/Größe/Population/Bestand zum Zeitpunkt $t$ ( $t \geq 0$ )
$M$	Parameter (Sättigungslevel, Asymptote)
$\alpha$	Parameter (Kurvenverschiebung in $t$ -Richtung, in positiver Richtung mit wachsendem $\alpha$ )
$\beta$	Parameter (Steigungsparameter, je größer, desto steiler)
$\varepsilon$	Fehlergröße/Störgröße

<sup>101</sup> Vgl. Seber/Wild (1989), S. 328

<sup>102</sup> Vgl. Meade (1995), S. 200, vgl. Richards (1959), S. 290

<sup>103</sup> Vgl. Verhulst (1938), S. 116, vgl. Seber/Wild (1989), S. 330

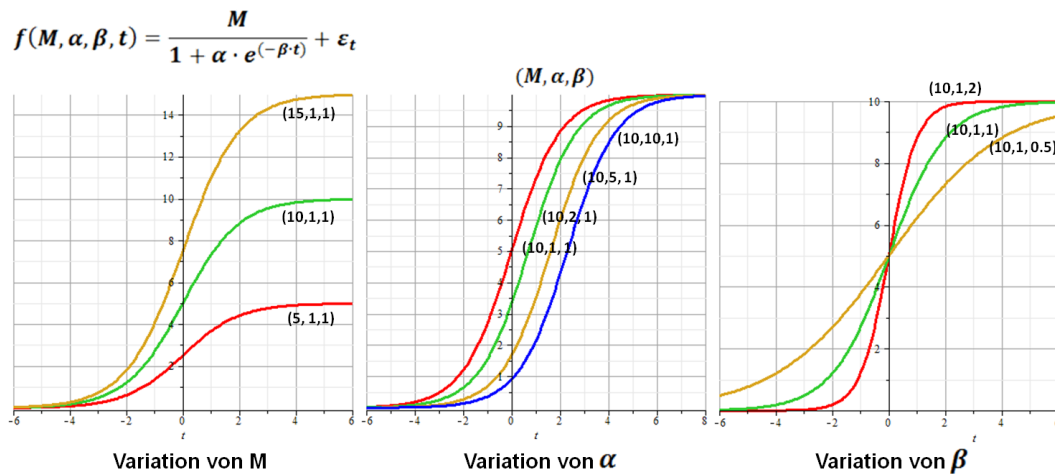
<sup>104</sup> Vgl. Meade (1995), S. 200

<sup>105</sup> Vgl. Engel (2010), S. 154

<sup>106</sup> Vgl. Vieira/Hoffmann (1977), S. 143

<sup>107</sup> Vgl. Meade (1995), S. 200

Die nachfolgende **Abbildung 3.3** zeigt beispielhafte Kurvenverläufe der logistischen Funktion mit Variationen in den Parametern.



**Abbildung 3.3: Logistische Funktion mit Variation der Parameter**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Im ersten Teil der Abbildung wird der Parameter  $M$  variiert, der (unter der Bedingung  $M > 0$ ) den Wert der oberen Asymptote bestimmt. Im zweiten Abschnitt der Abbildung sind die Konsequenzen einer Variation des Parameters  $\alpha$  zu erkennen. Je größer der Wert für  $\alpha$  ist, desto weiter verschiebt sich die Kurve in positiver  $t$ -Richtung. Im rechten Drittel der Abbildung 3.3 zeigen verschiedene Werte des Parameters  $\beta$ , dass dieser die Kurvensteigung bestimmt. Je größer  $\beta$  ist, desto steiler ist der Anstieg und desto kürzer der  $x$ -Achsen-Abschnitt (hier  $t$ -Achsen-Abschnitt) zwischen unterer und oberer Asymptote. Neben der bereits erwähnten Punktsymmetrie zu ihrem Wendepunkt weist die logistische Funktion eine weitere Eigentümlichkeit auf. Der Wendepunkt befindet sich immer exakt auf halbem Weg zwischen den Asymptoten. Das Nullsetzen der zweimaligen Ableitung der Funktion und Auflösen nach  $t$  führt zur Stelle des Wendepunktes an der Stelle  $t = \frac{\ln(\alpha)}{\beta}$  und dem zugehörigen Funktionswert an dieser Stelle  $f\left(\frac{\ln(\alpha)}{\beta}\right) = \frac{1}{2} \cdot M$ . Der invariable Wendepunkt kann in der Praxisanwendung zu Einschränkungen führen, da einige Wachstumsprozesse in der Realität keine Symmetrie um den Wendepunkt aufweisen.<sup>108</sup> In solchen asymmetrischen Fällen ist die GOMPertz-Funktion besser geeignet. Diese wird im folgenden Kapitel vorgestellt.

<sup>108</sup> Vgl. Vieira/Hoffmann (1977), S. 143

### 3.2.3 Die GOMPERTZ-Funktion

Das GOMPERTZ-Modell geht auf GOMPERTZ zurück, der es im Jahre 1825 zur Beschreibung des Sterberisikos in einer Sterbetafel verwendete. Später wurde es von WRIGHT im Jahr 1926 als Wachstumsmodell eingesetzt. Zunächst noch auf empirischer Basis gewonnen, leitete MEDAWAR es im Jahr 1940 als Wachstumsmodell für Hühnerherzen her.<sup>109</sup> Ein häufiger Anwendungsbereich der GOMPERTZ-Funktion ist in der Populationsforschung oder Studien zum Tierwachstum gegeben, wenn das Wachstum asymmetrisch zum Wendepunkt der Funktion ist, wodurch die logistische Funktion ungeeignet ist.<sup>110</sup> Wie die logistische Funktion, ist auch die GOMPERTZ-Funktion weit verbreitet. Sie besitzt wesentliche Flexibilitätsvorteile in Bezug auf Symmetrieeigenschaft und Wendepunktlage.<sup>111</sup> Die GOMPERTZ-Funktion lässt sich durch die nachfolgende Formel darstellen:<sup>112</sup>

$$f(t) = M \cdot e^{(-\alpha \cdot e^{(-\beta \cdot t)})} + \varepsilon_t$$

**Formel 3.7: GOMPERTZ-Funktion**

$f(t)$	Wachstum/Größe/Population/Bestand zum Zeitpunkt $t$ ( $t \geq 0$ )
$M$	Parameter (Asymptote, Sättigungslevel)
$\alpha$	Parameter (Verschiebung der Kurve in $t$ -Richtung)
$\beta$	Parameter (Wachstumsrate, je betragsgrößer $\beta$ , desto stärker)
$\varepsilon$	Fehlergröße/Störgröße

Die nachfolgende **Abbildung 3.4** zeigt beispielhafte Kurvenverläufe der GOMPERTZ-Funktion mit Variationen in den Parametern. Im ersten Abschnitt der Abbildung wird der Parameter  $M$  variiert, der den Wert der oberen Asymptote bestimmt. Im zweiten Teil der Grafik sind die Konsequenzen einer Variation des Parameters  $\alpha$  zu erkennen. Je größer der Wert für  $\alpha$ , desto weiter verschiebt sich die Kurve in positiver  $t$ -Richtung. Im rechten Drittel der Abbildung 3.4 wird der Parameter  $\beta$  verändert. Je größer  $\beta$  ausfällt, desto steiler ist die Kurvensteigung und

<sup>109</sup> Vgl. Medawar (1940), S. 344–354, vgl. auch Seber/Wild (1989), S. 331

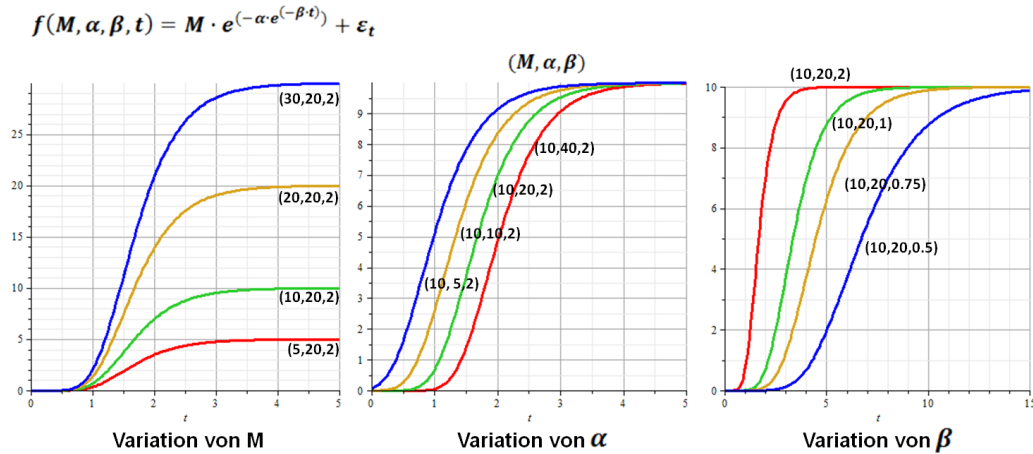
<sup>110</sup> Vgl. Seber/Wild (1989), S. 330

<sup>111</sup> Vgl. Meade (1995), S. 200

<sup>112</sup> Vgl. Meade (1995), S. 200



desto kürzer ist dadurch bedingt der  $x$ -Achsen-Abschnitt (bzw.  $t$ -Achsen-Abschnitt) zwischen unterer und oberer Asymptote.



**Abbildung 3.4: GOMPERTZ-Funktion mit Variation der Parameter**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Der Wendepunkt liegt wie bei der logistischen Funktion an der Stelle  $t = \frac{\ln(\alpha)}{\beta}$ , während der zugehörige Funktionswert  $f(t) = \frac{M}{e} \approx 0,368 \cdot M$  beträgt. Der Wendepunkt liegt folglich – anders als bei der logistischen Funktion – nicht auf dem halben Ordinatenwert zwischen den Asymptoten, sondern darunter. Gleichzeitig besteht keine einschränkende Symmetrie um den Wendepunkt. Durch diese größere Anzahl an Freiheitsgraden ergeben sich praktische Anwendungsvorteile des GOMPERTZ-Modells gegenüber der logistischen Funktion.<sup>113</sup>

Die GOMPERTZ-Funktion findet häufig Anwendung bei der Prognose von Produkten, bei denen bereits in einem frühen Stadium nach Markteinführung mit starker Nachfrage gerechnet wird. Oft tritt ein solcher Verlauf bei technologischen Weiterentwicklungen auf.<sup>114</sup> Da ihr Verlaufsmuster als charakteristisch für den Entwicklungsverlauf vieler Märkte gilt, ist die Darstellung der Absatzentwicklung von Industrieprodukten ein häufiger Anwendungsbereich der GOMPERTZ-Funktion.<sup>115</sup>

<sup>113</sup> Vgl. Vieira/Hoffmann (1977), S. 143

<sup>114</sup> Vgl. Mertens (2012), S. 197

<sup>115</sup> Vgl. Harrison/Pearce (1972), S. 154

### 3.2.4 Das VON BERTALANFFY-Modell

Eine weitere, 1938 zur Erklärung von Tierwachstum entwickelte Funktion ist das VON BERTALANFFY-Modell. Diesem Modell liegt die Idee zugrunde, dass sich das Gewichtswachstum eines Tieres als Differenz zwischen den metabolischen<sup>116</sup> Kräften des Aufbaustoffwechsels und des Abbaustoffwechsels beschreiben lässt.<sup>117</sup> Das Tierwachstum ist Folge des Zusammenspiels von Aufbaustoffwechsel und Abbaustoffwechsel. Solange der Aufbaustoffwechsel überwiegt, findet Wachstum statt. Sobald diese metabolischen Kräfte einen Gleichgewichtszustand erreichen, geht der Organismus in einen stationären Zustand über.<sup>118</sup>

Das VON BERTALANFFY-Modell ist ein vier-parametriges Modell, das in seiner Gestalt dem GOMPERTZ-Modell sehr ähnelt, dessen Wendepunkt jedoch an einer anderen Stelle liegt. Wie auch die logistische Funktion und die GOMPERTZ-Funktion ist das VON BERTALANFFY-Modell ein Spezialfall der RICHARDS-Funktion.<sup>119</sup> Auf Letztgenannte wird in Kapitel 3.2.6 eingegangen.

### 3.2.5 Zwischen-Resümee

Es wurden sechs verschiedene Basis-Modelle vorgestellt, von denen drei nur unbeschränktes Wachstum erklären können, so dass diese drei für Langfristprognosen mit Sättigungseffekten ungeeignet sind. Von den drei angeführten beschränkten Wachstumsfunktionen besitzt die modifizierte Exponentialfunktion die Eigenschaft einer von Beginn an sehr starken und im weiteren Verlauf sukzessive abklingenden Änderungsrate. Wie in Kapitel 3.2.1 erläutert wurde, ist dies ein untypisches Verhalten für Markt- bzw. Bestandsentwicklungen, weswegen es Erfahrungswerten aus Diffusionsuntersuchungen widerspricht. Daher eignen sich die beiden übrigen Funktionen mit Sigmoid-Gestalt besser. Die Punktsymmetrie zum Wendepunkt und dessen festgelegte Lage wurden als maßgebliche Einschränkung der logistischen Funktion angesprochen. Der Wendepunkt der GOMPERTZ-Funktion ist ebenso inflexibel, liegt aber nicht auf der Hälfte des Asymptotenwertes, sondern schon bei

---

<sup>116</sup> Metabolisch: im Stoffwechsel entstanden

<sup>117</sup> Vgl. Seber/Wild (1989), S. 331

<sup>118</sup> Vgl. Bertalanffy (1949), S. 156, vgl. auch Bertalanffy (1948), S. 256

<sup>119</sup> Vgl. Seber/Wild (1989), S. 331–332

etwa einem Drittel, was ein zunächst stärkeres und nach Erreichen des Wendepunktes langsamer abklingendes Wachstum bedeutet.

Bei den drei letztgenannten, beschränkten Wachstumsfunktionen handelt es sich um drei-parametrische Funktionen. Weiterentwicklungen versuchen vor allem, eine höhere Flexibilität in Bezug auf die Wendepunktlage zu gewährleisten. Die Flexibilität muss aber durch zusätzliche Parameter ‚erkauft‘ werden. Wie bereits im Kontext der nichtlinearen Regression in Kapitel 2.3.4.2 erwähnt wurde, bedeuten zusätzliche Parameter aber auch eine erhebliche Erhöhung des Schätzaufwandes. Nicht zuletzt, weil vorab für alle Parameter geeignete Startwerte gefunden werden müssen. Gelingt dies nicht, führt der Algorithmus zu schlechten Ergebnissen oder konvergiert gar nicht erst. Daher ist eine Erhöhung der Komplexität durch zusätzliche Parameter unerwünscht, sofern sie nicht zu signifikanten Vorteilen führt.

### 3.2.6 Erweiterungen der Exponential- und logistischen Funktion

In den vorangegangenen Abschnitten wurde bereits auf sogenannte Basis-Wachstumsfunktionen eingegangen. Bei erweiterten Modellen handelt es sich um Modifikationen dieser Basis-Modelle, Generalisierungen, oder Erweiterungen zur Verbesserung solcher Eigenschaften, die die Anwendung der Grundmodelle beschränken.

Eine generalisierte Form der modifizierten Exponentialfunktion<sup>120</sup> ist bei HARVEY zu finden:<sup>121</sup>

$$f(t) = M \cdot (1 + \alpha \cdot e^{\beta \cdot t})^{\kappa}$$

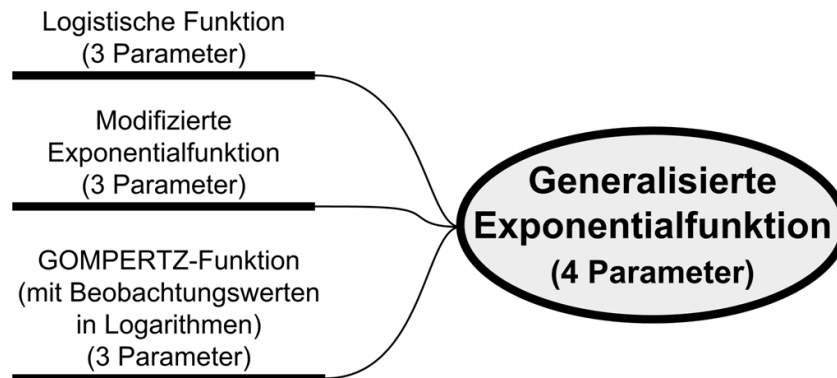
**Formel 3.8: Generalisierte modifizierte Exponentialfunktion**

$f(t)$	Wachstum/Größe/Population/Bestand zum Zeitpunkt $t$ ( $t \geq 0$ )
$M, \alpha, \beta, \kappa$	Parameter

<sup>120</sup> General Modified Exponential Function

<sup>121</sup> Vgl. Harvey (1984), S. 643

Diese Funktion ist insofern generalisiert, als sie die logistische Kurve (entsteht für den Fall  $\kappa = -1$ ), die einfache modifizierte Exponentialfunktion (für  $\kappa = 1$ ) und eine GOMPERTZ-Kurve, deren Beobachtungswerte aber in Logarithmen vorliegen müssen (für  $\kappa = 1$ ), umfasst.<sup>122</sup> Diesen Zusammenhang veranschaulicht die nachfolgende **Abbildung 3.5**.



**Abbildung 3.5: Generalisierte Exponentialfunktion und ausgewählte Spezialfälle**

(Quelle: Eigene Darstellung)

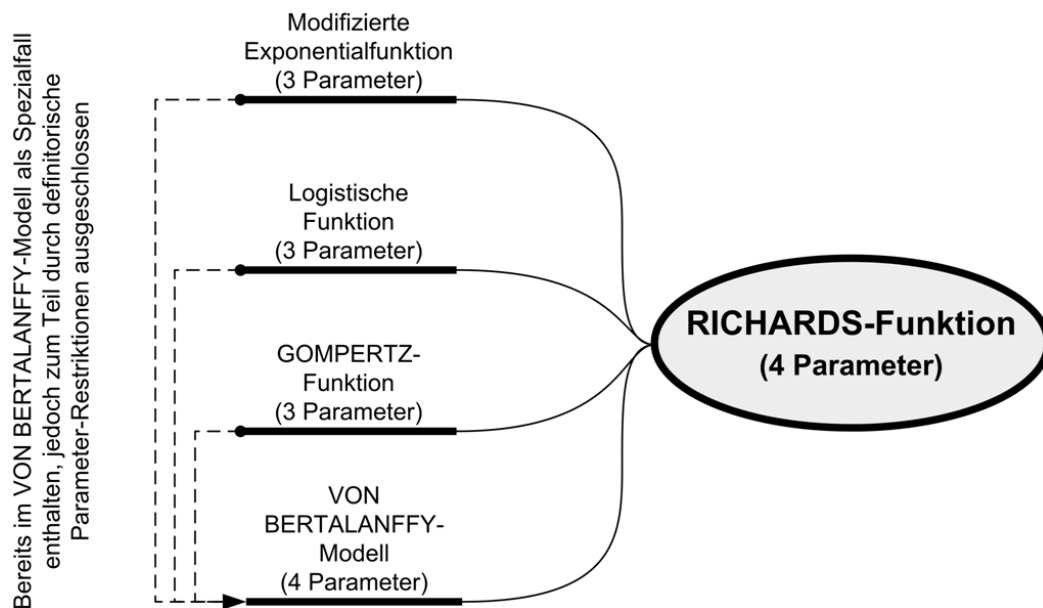
Die generalisierte logistische Funktion erweitert die logistische Funktion, indem ihr Exponent  $\beta \cdot t$  durch eine kubische Funktion ersetzt wird. Dadurch erhöht sich die Parameterzahl auf fünf anstatt drei, was die Funktion in ihrer Nachvollziehbarkeit und Handhabbarkeit stark einschränkt.<sup>123</sup>

RICHARDS versucht einen Kompromiss zwischen dieser eingeschränkten Handhabbarkeit der generalisierten logistischen Funktion und dem Manko der drei bekanntesten Wachstumsfunktionen (modifizierte Exponentialfunktion, logistische Funktion und GOMPERTZ-Funktion) zu schließen, die allesamt in ihrer Gestalt nur so verändert werden können, wie es auch durch eine Reskalierung der Koordinatenachsen bewirkt werden könne. Als Reaktion hierauf schlägt er im Jahr 1959 die sogenannte RICHARDS-Funktion vor. Diese gewinnt er aus dem VON BERTALANFFY-Modell. Das VON BERTALANFFY-Modell, auf das in Kapitel 3.2.4 eingegangen wurde, enthält nämlich theoretisch die drei bekanntesten Wachstumsfunktionen bereits als Spezialfall. Die logistische Funktion und die GOMPERTZ-

<sup>122</sup> Vgl. Harvey (1984), S. 643

<sup>123</sup> Vgl. Richards (1959), S. 291

Funktion werden aber durch Parameterrestriktionen definitorisch ausgeschlossen.<sup>124</sup> RICHARDS hebt diese Parameterrestriktionen auf und erhält eine vier-parametrische Wachstumsfunktion, aus der einige der vorangegangenen Funktionen durch definierte Parameterfestlegungen hervorgehen. So können die modifizierte Exponentialfunktion, die logistische Funktion, die GOMPERTZ-Funktion und das VON BERTALANFFY-Modell allesamt durch entsprechende Parameterfestlegungen als Spezialfälle aus dem RICHARDS-Modell hervorgehen.<sup>125</sup>



**Abbildung 3.6: RICHARDS-Funktion und ausgewählte Spezialfälle**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Diese Generalisierung des VON BERTALANFFY-Modells besitzt zwar nicht die Flexibilität des generalisierten logistischen Modells, ist aber durch nur vier Parameter komfortabler handhabbar.<sup>126</sup> Die voranstehende **Abbildung 3.6** veranschaulicht noch einmal die Zusammenhänge zwischen den genannten Funktionen.

Später folgt mit dem FLOG<sup>127</sup>-Modell von BEWLEY/FIEBIG eine weitere vier-parametrische Flexibilisierung der logistischen Funktion für den Anwendungsbereich der Neuprodukt-Diffusion. Auch für die Entwicklung dieses Modells waren die

<sup>124</sup> Vgl. Richards (1959), S. 291

<sup>125</sup> Vgl. Seber/Wild (1989), S. 331, vgl. auch Bolker (2008), S. 99

<sup>126</sup> Vgl. Richards (1959), S. 291

<sup>127</sup> FLOG: flexibel logistisch

Restriktionen hinsichtlich Symmetrieeigenschaften und Wendepunktlage der logistischen Funktion und der GOMPERTZ-Funktion ausschlaggebend. BEWLEY/FIEBIG ersetzen die linear in die einfache logistische Funktion eingehende Zeitkomponente  $t$  durch eine Funktion  $t(\mu, k)$ , die in Abhängigkeit ihrer Parameter unterschiedliche zeitabhängige Subfunktionen und damit einhergehend eine Reihe möglicher neuer Funktionsvarianten erlaubt. Dies führt in Verbindung mit der Annahme  $M = 1$  für das Sättigungslevel zu nachfolgender Funktion:<sup>128</sup>

$$f(t) = \frac{1}{1 + \alpha \cdot e^{(-\beta \cdot t(\mu, k))}}$$

**Formel 3.9: FLOG-Modell**

$f(t)$	Wachstum/Größe/Population/Bestand zum Zeitpunkt $t$ ( $t \geq 0$ )
$\alpha, \beta, \mu, k$	Parameter
$t(\mu, k)$	Zeitabhängige Subfunktion (abhängig von den Parametern $\mu$ und $k$ )

Die nachfolgende **Formel 3.10** zeigt mögliche resultierende Funktionen  $t(\mu, k)$  in Abhängigkeit der Parameterwerte für  $\mu$  und  $k$ .<sup>129</sup>

$$\begin{aligned}
 t(\mu, k) &= \frac{\left\{ \left[ (1 + k \cdot t)^{\left(\frac{1}{k}\right)} \right]^\mu - 1 \right\}}{\mu}, & \mu \neq 0, & \quad k \neq 0 \\
 &= \left(\frac{1}{k}\right) \cdot \log(1 + k \cdot t), & \mu = 0, & \quad k \neq 0 \\
 &= \frac{(e^{\mu \cdot t} - 1)}{\mu}, & \mu \neq 0, & \quad k = 0 \\
 &= t, & \mu = 0, & \quad k = 0
 \end{aligned}$$

**Formel 3.10: Mögliche Ausprägungen der Subfunktion des FLOG-Modells**

Als eine solche Variante lässt sich etwa die logarithmisch logistische Funktion einordnen, die durch Ersetzen der Zeit  $t$  in der logistischen Funktion durch deren natürlichen Logarithmus  $\ln(t)$  entsteht. Das hat eine Asymmetrie der Kurve gegen-

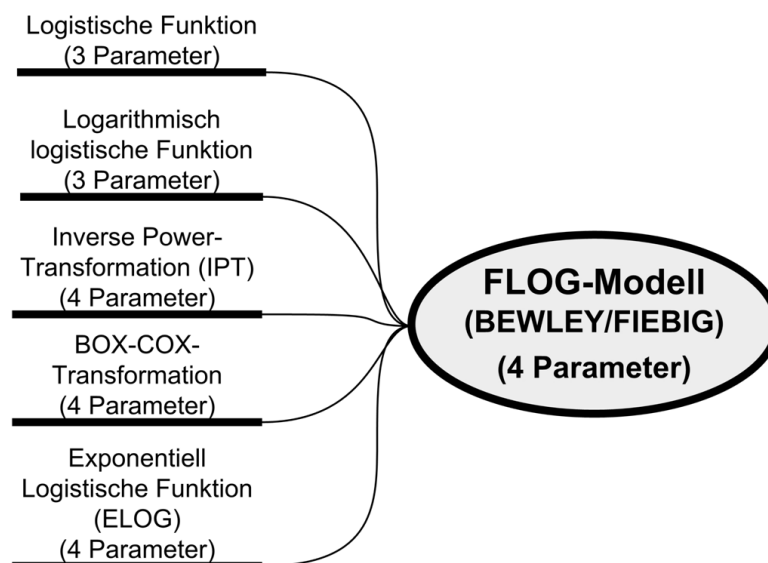
<sup>128</sup> Vgl. Bewley/Fiebig (1988), S. 177–181

<sup>129</sup> Vgl. Bewley/Fiebig (1988), S. 180

über ihrem Wendepunkt zur Folge. Der Wendepunkt tritt somit auf, bevor der Funktionswert  $f(t)$  die Hälfte des Sättigungsniveaus erreicht. Nach gleichem Muster sind weitere Transformationen der FLOG-Funktionsfamilie von BEWLEY/FIEBIG durch Einsetzen verschiedener zeitabhängiger Funktionen für  $t(\mu, k)$  möglich. Hierzu gehören etwa:<sup>130</sup>

- (1) Die inverse Power-Transformation (IPT) mit  $t(\mu = 1, k) = (1 + k \cdot t)^{\frac{1}{k}} - 1$ .
- (2) Die exponentiell logistische Funktion (ELOG) mit  $t(\mu, k = 0) = \frac{e^{(\mu \cdot t - 1)}}{\mu}$ .
- (3) Die BOX-COX-Transformation mit  $t(\mu, k = 1) = \frac{(1+t)^{\mu} - 1}{\mu}$ .

Die nachfolgende **Abbildung 3.7** veranschaulicht noch einmal den Zusammenhang zwischen dem FLOG-Modell und einigen seiner Spezialfälle.



**Abbildung 3.7: FLOG-Modell und ausgewählte Spezialfälle**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Das FLOG-Modell verdient seinen Namen insofern, als der Wendepunkt überall zwischen oberer und unterer Asymptote positioniert werden kann.<sup>131</sup> Zudem existiert für einen gegebenen Wendepunkt eine Vielzahl möglicher Symmetriegrade.<sup>132</sup>

<sup>130</sup> Vgl. Bewley/Fiebig (1988), S. 179–181, vgl. auch Meade (1995), S. 201

<sup>131</sup> Vgl. Meade (1995), S. 201

<sup>132</sup> Vgl. Bewley/Fiebig (1988), S. 178

### 3.3 Fazit

In den vorangegangenen Kapiteln wurde die Verwendung von Wachstumsmodellen zur Langfrist-Prognose erläutert und sowohl auf die Basis-Wachstums- und Trendmodelle, als auch auf Erweiterungsansätze eingegangen. Der impliziten Annahme beschränkter Funktionen, dass bei Erreichen der Sättigung kein Wachstum mehr stattfindet, kann kritisch entgegengehalten werden, dass sich die Nachfrage zumindest an Veränderungen der Bevölkerungszahl oder der Wirtschaftsleistung auch im Sättigungsfall anpassen wird. Dies kann aber durch Verwendung von Pro-Kopf-Größen berücksichtigt werden.<sup>133</sup> VIEIRA/HOFFMANN sehen für die Anwendung auf Wachstumsprozesse in der GOMPERTZ-Funktion einige Vorzüge gegenüber der logistischen Funktion, trotz der detaillierteren Erforschung der Letztgenannten. Bei Vorliegen aktueller Daten zum Wachstumsprozess empfehlen VIEIRA/HOFFMANN die parallele Anwendung beider Funktionsalternativen.<sup>134</sup> MEADE/ISLAM vergleichen 17 unterschiedliche Wachstumskurvenmodelle durch deren Anwendung auf die Entwicklung des Telekommunikationsmarktes und stellen hierbei fest, dass oftmals einfachere Methoden ihre komplexeren Konkurrenten übertreffen. In ihrer konkreten Untersuchung kommen MEADE/ISLAM zum Ergebnis, dass das lokal-logistische und das einfache logistische Modell sowie die GOMPERTZ-Funktion komplexere Methoden wie das erweiterte logistische Wachstumsmodell oder das FLOG-Modell signifikant übertreffen.<sup>135</sup>

---

<sup>133</sup> Vgl. Harrison/Pearce (1972), S. 155

<sup>134</sup> Vgl. Vieira/Hoffmann (1977), S. 143–147

<sup>135</sup> Vgl. Meade (1995), S. 199



## 4 Pkw-Bestandswachstum in frühen Stadien in Industriestaaten

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die theoretischen Grundlagen zu (Langfrist-)Prognosen und Wachstumsmodellen geschaffen. Im Folgenden steht nun deren konkrete Anwendung auf die langfristige Pkw-Bestandsentwicklung in Ländermärkten im Vordergrund. Zum Pkw-Bestand bzw. dem Fahrzeugbesitz existieren in der Theorie wiederum zahlreiche Ansätze für unterschiedliche Anwendungs- und Interessenschwerpunkte. Oftmals wird von sogenannten Car Ownership Models gesprochen. Eine umfassende tabellarische Übersicht zu derartigen Modellen ist bei DE JONG zu finden.<sup>136</sup>

Hinsichtlich der Betrachtungstiefe von Wirkungszusammenhängen werden zwei Modellklassen mit jeweils verschiedenen Vertretern unterschieden:

- (1) Aggregierte Modelle, denen eine sehr globale Sicht zugrunde liegt, die folglich die Problemstellung aus der Vogelperspektive betrachten.
- (2) Disaggregierte Modelle, die hingegen eine differenziertere Betrachtung des Problems bieten und die Berücksichtigung verschiedener Details erlauben. Dies kann bis hin zu Verhaltensmerkmalen der beteiligten Individuen reichen. Demzufolge ist deren Eingangsdatenbedarf erheblich höher.

Für die Untersuchung von Entwicklungsländern sind aggregierte Modelle aufgrund des geringeren Datenbedarfs am besten geeignet.<sup>137</sup> Zwar gelingt es mit deren Hilfe meist nur, den Pkw-Gesamtbestand für einzelne Zukunftsjahre vorherzusagen, jedoch kann das einen Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen bei sehr niedrigem Datenbedarf bieten.<sup>138</sup>

---

<sup>136</sup> Vgl. Jong et al. (2004), S. 402–403

<sup>137</sup> Vgl. Jong et al. (2004), S. 381

<sup>138</sup> Vgl. Jong et al. (2004), S. 404

Da das Hauptinteresse dieser Arbeit Pkw-Märkten in einem frühen Entwicklungsstadium gilt, also bevor ein deutlicher Rückgang des Wachstums bzw. eine Sättigung eintritt, wird im Folgenden ein Überblick über den Forschungsstand zu aggregierten Modellen gegeben. Die Zusammenfassung des Forschungsstandes stützt sich auf zwei wesentliche Säulen, wie es die nachfolgende **Abbildung 4.1** veranschaulicht. Die erste Säule bildet eine Vorstellung von Forschungsarbeiten aus frühen Entwicklungsphasen solcher Staaten, die inzwischen zu den bedeutendsten Industrienationen herangewachsen sind und gleichzeitig von besonderer Bedeutung für die Automobilwirtschaft sind. Hier wird auf die USA, Deutschland und Großbritannien jeweils in derjenigen Zeitspanne eingegangen, in der dort Pkw-Dichten unterhalb von 250 Pkw pro 1.000 Einwohner vorlagen. Arbeiten aus dieser Zeit sind vor allem deshalb wertvoll, weil erst wenige oder gar keine Erfahrungswerte zur langfristigen Entwicklung von Pkw-Märkten vorlagen.

Die zweite Säule bilden jüngere Forschungsarbeiten, die ihren Fokus insbesondere auf die Prognose von Emerging Markets gerichtet haben. Gegenüber erstgenannten Forschungsarbeiten können diese bereits auf einen weitreichenden Erfahrungsschatz zur Pkw-Markt-Entwicklung zurückgreifen.



**Abbildung 4.1: Zwei Säulen der Untersuchung des Forschungsstands**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Im Anschluss werden die Erfahrungswerte aus beiden Teilen schlussfolgernd zusammengetragen und der Forschungsschwerpunkt dieser Arbeit herausgearbeitet.

## 4.1 Grundsätzliches zu Pkw-Bestands-Modellen

Der Zusammenfassung des Forschungsstands geht eine kurze praktische Darstellung der zwei wesentlichen Herangehensweisen aggregierter Langfrist-Prognosen auf Basis von Wachstumsmodellen voraus. Wie bereits in Kapitel 2.3.3 und 2.3.4 herausgearbeitet wurde, werden zwei Ansätze unterschieden. Endogene Modelle bzw. Trendmodelle, in denen die Zeit als einzige Erklärungsgröße auftritt und exogene Modelle bzw. Wirkungsmodelle, welche die Berücksichtigung mehrerer signifikanter Faktoren der sozio-ökonomischen Umgebung erlauben, womit meist eine komplexere Modellformulierung einhergeht.<sup>139</sup> Trendmodelle werden dann verwendet, wenn die Bedarfsgröße (wie etwa der Pkw-Bestand) von einer Vielzahl äußerer Einflüsse abhängt, von denen jedoch keinem ein besonderes Gewicht beigemessen werden kann.<sup>140</sup> Dies ist auch ein häufiger Angriffspunkt geäußerter Kritik. So führt zu Unverständnis, warum (teilweise deutliche) Veränderungen in ökonomischen Einflussgrößen wie ein wirtschaftlicher Aufschwung oder eine Ölkrise nicht in direkter Weise auf die Bedarfsgröße wirken sollten.<sup>141</sup> Wirkungsmodelle stellen Erklärungszusammenhänge in den Vordergrund und versuchen möglichst jene Einflussgrößen zu berücksichtigen, die einen größtmöglichen Teil der Veränderungen der interessierenden Bedarfsgröße erklären. Eine wachsende Anzahl an Einflussgrößen bedeutet aber auch mehr Variablen, deren Zukunftswerte im Vorfeld einer Prognose bestimmt werden müssen, um als Eingangsdaten zur Verfügung zu stehen. Dies impliziert eine größere Fehlerfortpflanzung auf die Prognosewerte und einen steigenden Datenerfassungs- und Modellschätzungsaufwand.<sup>142</sup> Wirkungsmodelle werden daher oftmals den einfacheren Trendmodellen bei Erwartung von Trend- bzw. Strukturbrüchen vorgezogen, wenn also erwartet wird, dass der im Trendmodell nicht explizit beleuchtete Ursache-Wirkungs-Zusammenhang besonders bedeutsam ist.<sup>143</sup> Bereits in Kapitel 2.3.4.3 wurde darauf hingewiesen, dass fraglich ist, ob die im Vorfeld oftmals mittels Trendverfahren fortgeschriebenen Erklärungsgrößen tatsächlich in der Lage sind, einen solchen Strukturbruch aufzudecken.

---

<sup>139</sup> Vgl. Lewandowski (1974), S. 252

<sup>140</sup> Vgl. Richter (1975), S. 105

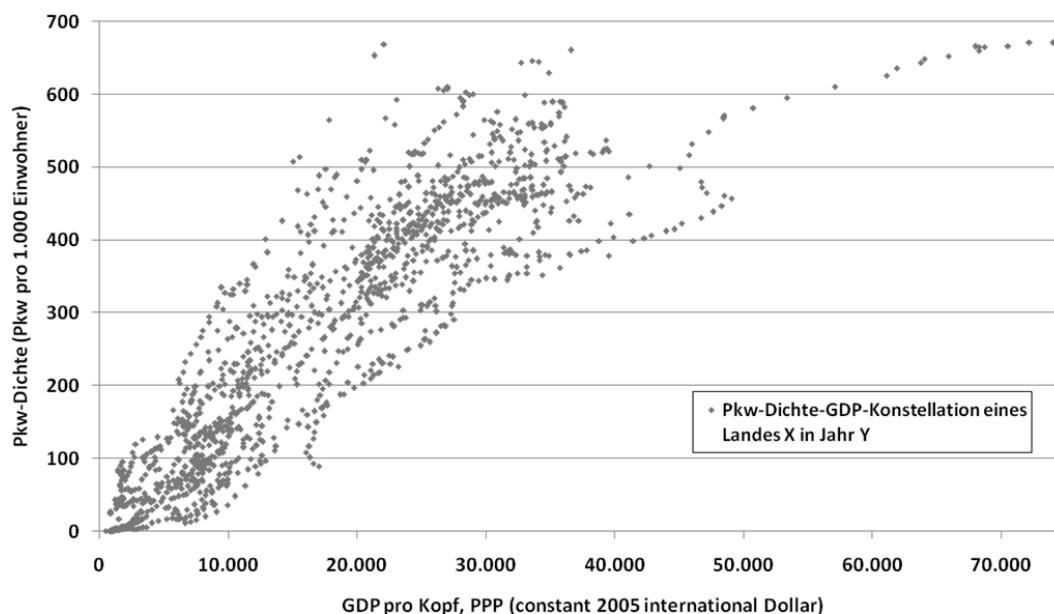
<sup>141</sup> Vgl. Button/Pearman/Fowkes (1982), S. 17–19

<sup>142</sup> Vgl. Cerwenka (1975), S. 22–23

<sup>143</sup> Vgl. Meffert/Steffenhagen (1977), S. 84

## 4.2 Klassischer Modellaufbau

Zwischen dem Wachstum des Pro-Kopf-Einkommens (GDP pro Kopf) und dem Wachstum der Fahrzeug- bzw. Pkw-Dichte existiert ein enger Zusammenhang über die Zeit.<sup>144</sup> Das ‚klassische‘ Kausalmodell greift diesen Zusammenhang zwischen GDP pro Kopf und Pkw-Dichte auf. Zwar kann das GDP pro Kopf nicht die gesamte Streuung der Pkw-Dichte erklären, jedoch ist der Erklärungszusammenhang zwischen beiden Größen stärker ausgeprägt als zu einigen anderen Konsumprodukten oder materiellen Wohlstandsindikatoren.<sup>145</sup> Ein Vorteil des Bestands als Prognosegröße ist, dass dessen relative Veränderungen – anders als bei den Neuzulassungen – vergleichsweise klein sind. Diese größere Stabilität gegenüber Schwankungen einzelner Einflussfaktoren ermöglicht eine zuverlässigere Prognostizierbarkeit.<sup>146</sup> Ein häufiger Anwendungsbereich von Modellansätzen zur Vorhersage des Pkw-Bestands ist deren Nutzung als Submodell, beispielsweise zur Vorhersage des zukünftigen Öl- oder Treibstoffverbrauchs, oder zu erwartender CO<sub>2</sub>-Emissionen, wie etwa in einer Arbeit von BOUACHERA/MAZRAATI aus dem Jahr 2007.<sup>147</sup>



**Abbildung 4.2: Streudiagramm für verschiedene Länder über verschiedene Jahre**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank)

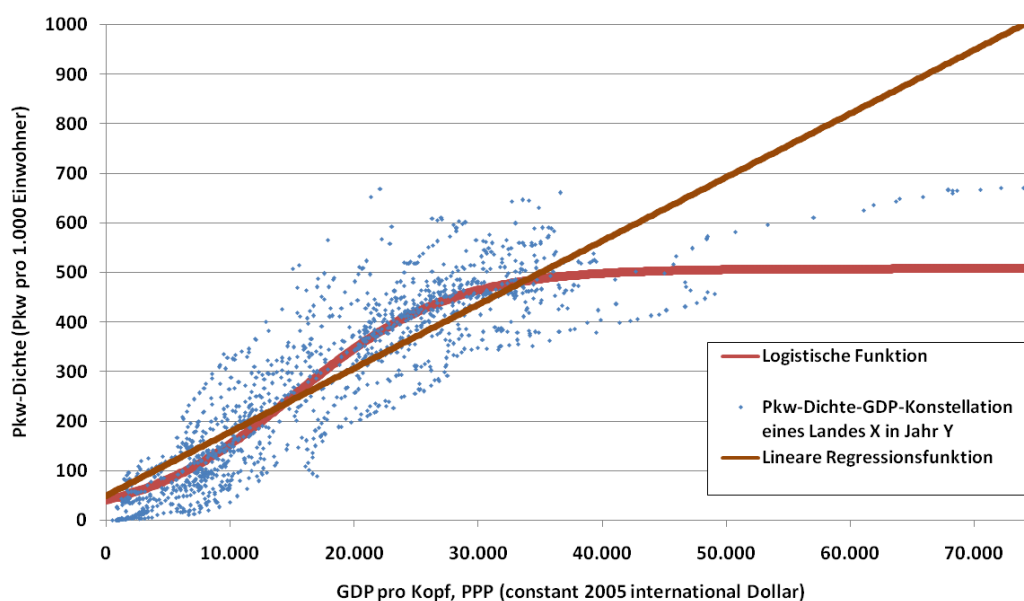
<sup>144</sup> Vgl. Dargay/Gately (1999), S. 128

<sup>145</sup> Vgl. Chamon/Mauro/Okawa (2008), S. 250

<sup>146</sup> Vgl. Huo/Wang (2012), S. 26

<sup>147</sup> Vgl. Bouachera/Mazraati (2007)

Das voranstehende Streudiagramm (**Abbildung 4.2**) stellt die Pkw-Dichte verschiedener Staaten zu jeweils unterschiedlichen Zeitpunkten<sup>148</sup> dem jeweilig zeitgleich vorliegenden GDP pro Kopf<sup>149</sup> gegenüber. Der durch die Punktwolke repräsentierte Zusammenhang zwischen Pro-Kopf-GDP und Pkw-Dichte ist deutlich zu erkennen. Durch Treffen der Analogieannahme, dass das Verhältnis aus Pro-Kopf-GDP und Pkw-Dichte in allen Staaten, deren Beobachtungswerte ins Streudiagramm eingegangen sind, ähnlich ist, kann ein allgemeiner funktionaler Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen abgeleitet werden. Dies setzt die Anwendung der eingangs dieser Arbeit beschriebenen Wachstumsfunktionen und Schätzung der Parameter mittels Regressionsanalyse voraus. Die nachfolgende **Abbildung 4.3** zeigt exemplarisch jeweils eine lineare Funktion als Ergebnis einer linearen Regression sowie eine logistische Wachstumskurve als Ergebnis einer nichtlinearen Regression.



**Abbildung 4.3: Erweitertes Streudiagramm mit Regressionsfunktionen**

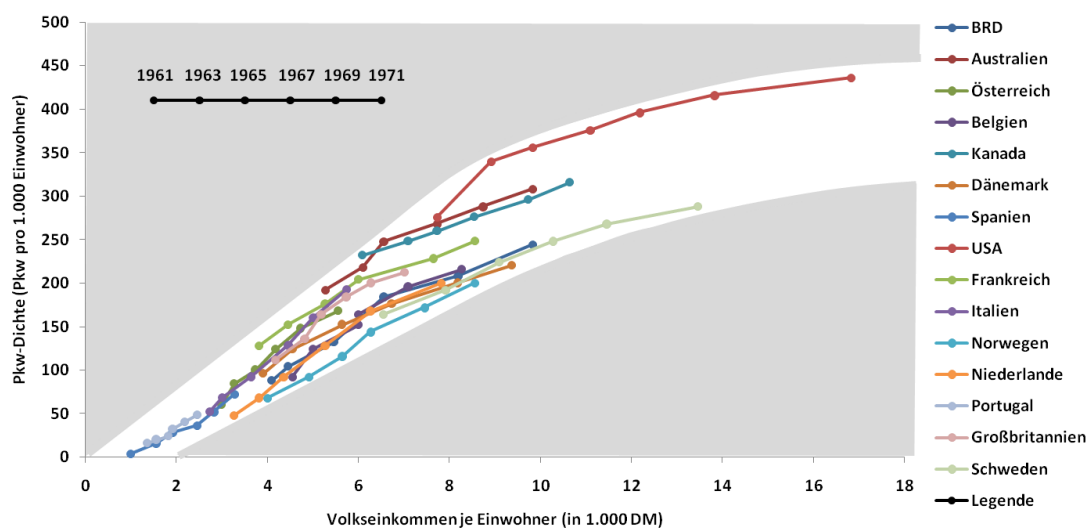
(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank)

Eine wesentliche Schwäche der (erheblich leichter zu schätzenden) linearen Regression wird in Abbildung 4.3 offenbart. So bleibt der Gültigkeitsbereich der linearen Funktion auf eine begrenzte Einkommensspanne beschränkt, da diese sowohl ein konstantes, als auch unbegrenztes Wachstum mit steigendem Pro-Kopf-GDP

<sup>148</sup> Verwendete Staaten und Zeiträume sind in Tabelle A. 10 / Tabelle A. 11 in Anhang C aufgeführt.

<sup>149</sup> GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar)

suggeriert. Sie lässt folglich weder die Existenz eines Einkommenslevels zu, ab dem verstärkt Pkw nachgefragt werden, etwa weil das Einkommen einiger Haushalte erstmalig zur Anschaffung eines eigenen Pkw ausreicht. Noch erlaubt sie die Existenz eines Sättigungslevels, ab dem zusätzliche finanzielle Mittel keine weiteren Pkw-Anschaffungen mehr hervorrufen. Beiden Anforderungen wird die Sigmoid-förmige nichtlineare Funktion, die in Abbildung 4.3 durch eine logistische Wachstumsfunktion repräsentiert wird, gerecht. Weder zeigt sie eine konstante Einkommenselastizität, noch ein unendliches Wachstum. Eine solche Verlaufsscharakteristik findet sich im sogenannten internationalen Motorisierungskanal von LEWANDOWSKI wieder, den die nachfolgende **Abbildung 4.4** veranschaulicht. Abbildung 4.4 bildet Zehnjahreszeiträume der Pkw-Dichte-Entwicklung einzelner Staaten zwischen den Jahren 1961 und 1971 über deren jeweiligem Pro-Kopf-Volkseinkommen ab. Der Zusammenhang zwischen dem Volkseinkommen und dem GDP sowie weiteren Einkommensgrößen wird in Kapitel 5.3 dieser Arbeit aufgezeigt. Zwar unterscheiden sich die Verläufe länderspezifisch deutlich, was nicht ausschließlich durch das Pro-Kopf-Einkommen erklärbar ist, dennoch identifiziert LEWANDOWSKI mit dem internationalen Motorisierungskanal einen Korridor, innerhalb dessen alle dargestellten Entwicklungsverläufe liegen.<sup>150</sup>

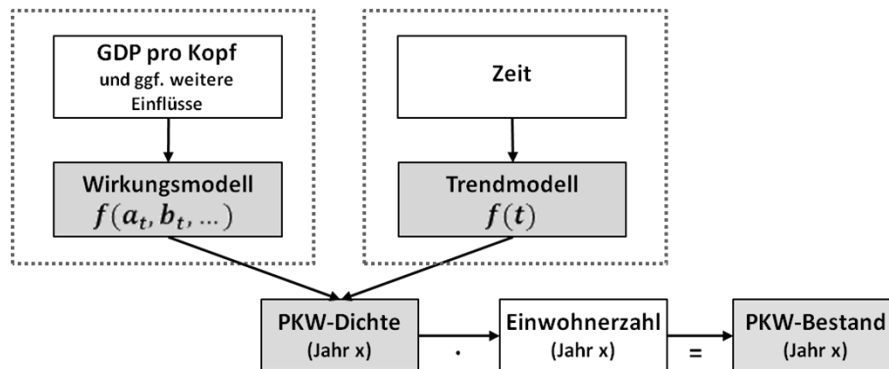


**Abbildung 4.4: Internationaler Motorisierungskanal nach LEWANDOWSKI (1974)**

(Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Lewandowski (1974), S. 385)

<sup>150</sup> Vgl. Lewandowski (1974), S. 384–385

Liegt der Modellzusammenhang, wie etwa die logistische Funktion in Abbildung 4.3, in quantifizierter Form vor, kann er für Prognosen der Pkw-Dichte verwendet werden. Aus der Pkw-Dichte ist wiederum der Pkw-Bestand ableitbar, wie die nachfolgende **Abbildung 4.5** für Trend- und Wirkungsmodelle skizziert.



**Abbildung 4.5: Nutzung von Trend- und Wirkungsmodell zu Prognosezwecken**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Soll zum Beispiel der Pkw-Bestand Chinas im Jahr 2020 bestimmt werden, muss zunächst ein Wert für das Pro-Kopf-GDP Chinas im Jahr 2020 als Erklärungsgröße zur Verfügung stehen. Der zuvor geschätzte funktionale Zusammenhang ermittelt dann aus dieser und gegebenenfalls weiteren Erklärungsgrößen zunächst die geschätzte Pkw-Dichte Chinas für das Jahr 2020. Durch Multiplikation mit einem Prognosewert für Chinas Bevölkerungszahl im Jahr 2020 kann in der Folge der zugehörige Pkw-Bestand für dasselbe Jahr angegeben werden.

Nachdem hier eine klassische Vorgehensweise der Anwendung der zuvor dargestellten Theorie auf das Praxisproblem der Pkw-Bestandsprognose gezeigt wurde, wird nun zunächst auf bisherige Forschungsarbeiten eingegangen. Wie eingangs erläutert wurde, werden zunächst Arbeiten betrachtet, die in etablierten Industrienationen in deren frühen Entwicklungsstadien entstanden. Im Anschluss daran wird auf jüngere Arbeiten mit Fokus auf die Entwicklung zukünftiger Wachstumsmärkte eingegangen.

### 4.3 Pkw-Bestandsprognosen in den USA in deren früher Entwicklungsphase

Die Motorisierungsentwicklung begann in den USA bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Einen erheblichen Anteil an dieser Entwicklung hatte das Ford T-Modell, von dem zwischen 1908 und 1927 mehr als 15 Millionen Einheiten gefertigt wurden. Damit war dieses Modell, das ab 1913 als erster Pkw in der Geschichte fließbandgefertigt wurde, lange Zeit das meistgebaute Auto der Welt.<sup>151</sup> Der Einführungspreis im Jahr 1908 betrug 850 US-Dollar und konnte durch Fertigungsoptimierung später auf 260 US-Dollar gesenkt werden.<sup>152</sup> Die nachfolgende **Abbildung 4.6** zeigt den Verlauf der Motorisierungsentwicklung in den Vereinigten Staaten von Amerika anhand der Pkw-Dichten der Jahre 1900 bis 1970. Dabei ist zu erkennen, dass die USA bereits zwischen 1913 und 1914 in etwa das Pkw-Dichte-Niveau Indiens des Jahres 2011 (14 Pkw pro 1.000 Einwohner) aufwiesen und im Jahr 1916 bereits eine höhere Pkw-Dichte besaßen, als China im Jahr 2011 (30 Pkw pro 1.000 Einwohner).<sup>153</sup>

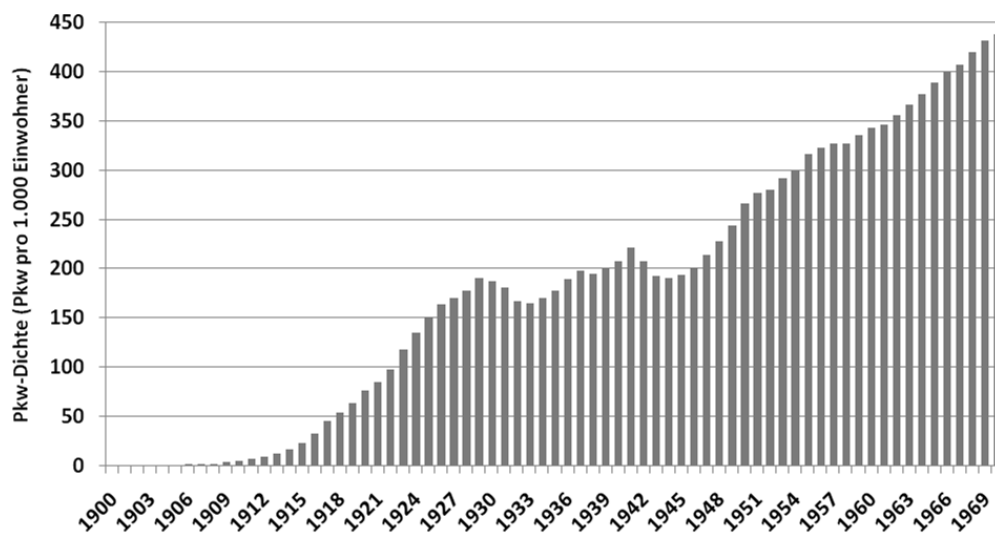


Abbildung 4.6: Entwicklung der Pkw-Dichte in den USA von 1900 bis 1970

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: U.S. Department of Transportation)

Wie aus Abbildung 4.6 deutlich wird, unterbrachen zwei Perioden kurzfristig den langfristigen Wachstumstrend. Die erste Periode von 1930-1938 wird der Weltwirt-

<sup>151</sup> Vgl. Reichwald/Piller (2009), S. 17

<sup>152</sup> Vgl. Ford Motor Company (Hg.) (2012)

<sup>153</sup> Daten: VDA, U.S. Department of Transportation



schaftskrise zugeschrieben, die zweite zwischen 1942 und 1947 als Folge des zweiten Weltkriegs interpretiert.<sup>154</sup> Da der Fokus der Arbeit auf die frühe Entwicklungsphase gerichtet ist, wird im Folgenden auf eine Arbeit eingegangen, zu deren Veröffentlichungszeit die USA eine Pkw-Dichte von etwa 200 Pkw pro 1.000 Einwohner aufwies.

#### 4.3.1 Die Arbeit von DE WOLFF (1938)

Der Artikel *‘The Demand for Passenger Cars in the United States’* von DE WOLFF gilt als eine sehr frühe, wenn nicht die erste Studie zur Entwicklung von Automobilmärkten.<sup>155</sup> Gleichzeitig ist DE WOLFFs Untersuchung des Automobilmarktes der USA von besonderer historischer Bedeutung, da in dieser erstmals die logistische Funktion zur Beschreibung der langfristigen Pkw-Bestandsentwicklung eingesetzt wird.<sup>156</sup> Verschiedene Autoren, zum Beispiel MOGRIDGE, verweisen auf DE WOLFF als ‚Ur-Vater‘ der Pkw-Markt-Entwicklungsforschung.<sup>157</sup>

DE WOLFF untersucht im Jahr 1938 die Bestimmungsfaktoren der Pkw-Nachfrage in den USA für den Zeitraum 1921-1934. Die Gesamtnachfrage wird aus der Produktion abzüglich der Exporte ermittelt. Importe werden als vernachlässigbar angesehen, da im Jahr 1934 etwa 89 Prozent der Produktion im Heimatmarkt verkauft wurde. Der Analyse liegt die Annahme zugrunde, dass die Produktion  $P$  die Gesamtnachfrage nach Pkw deckt. Diese Nachfrage teilt sich in den Ersatzbedarf  $S$ , der infolge der Verschrottung von Bestandsfahrzeugen entsteht und den Neubedarf an Erstkäufen  $\Delta R$  auf, welcher der Bestandsveränderung zum Vorjahr entspricht. Es ergibt sich folglich der Zusammenhang:<sup>158</sup>

$$P = S + \Delta R$$

**Formel 4.1: Zusammenhang zwischen Produktion, Ersatzbedarf und Neubedarf**

---

<sup>154</sup> Vgl. Lenk (1962), S. 30

<sup>155</sup> Vgl. Siebke (1963), S. 52

<sup>156</sup> Vgl. Wolff (1938), S. 120–122

<sup>157</sup> Vgl. Mogridge (1989), S. 55

<sup>158</sup> Vgl. Wolff (1938), S. 113–116

$P$	Produktionszahl (deckt hier die Gesamtnachfrage nach Pkw)
$S$	Ersatzbedarf bzw. Anzahl der Verschrottungen
$\Delta R$	Neubedarf (Erstkäufe) bzw. Bestandsveränderung zum Vorjahr

Somit lässt sich der Verschrottungsanteil  $S$  mit Hilfe der bekannten Größen  $P$  und  $\Delta R$  für jedes Jahr errechnen.  $\Delta R$  muss hierbei nicht zwangsläufig positiv sein, sondern kann in einer Rezessions- oder Depressionsphase negativ werden, was bedeutet, dass die Anzahl produzierter Fahrzeuge nicht zur Kompensation des Bestandsrückgangs (durch Verschrottung) genügt. Ein vermutetes Time-Lag zwischen Produktion und Verschrottungen scheitert daran, dass nicht alle Pkw die durchschnittliche Lebenserwartung erreichen, sondern die tatsächliche Überlebenszeit um diesen Mittelwert streut. Mit Hilfe einer Verteilung, die den Verschrottungs-Anteil von Pkw 1-15 Jahre nach deren Produktion angibt, werden die theoretischen Verschrottungsanteile und damit der Ersatzbedarf  $S$  kalkuliert. Jedoch deckt sich das Ergebnis nicht mit dem tatsächlichen Verlauf, weil dieser noch wirtschaftlichen Schwankungen unterliegt. Diese zyklischen Abweichungen versucht DE WOLFF durch weitere Erklärungsvariablen zu erfassen.<sup>159</sup> Hierzu nutzt er eine lineare Regression, in der verschiedene Einkommensvariablen als Erklärungsvariablen erprobt werden und das Nicht-Arbeiter-Einkommen<sup>160</sup> zur besten Beschreibung führt.<sup>161</sup>

Um Erkenntnisse über die Entwicklung der Erstkäufe zu gewinnen und zu ermitteln, ob deren Trend bzw. der Bestandszuwachs bereits rückläufig ist und sich somit eine Sättigung anbahnt, rechnet DE WOLFF die Zeitreihe bis zum Jahr 1905 zurück. Für die langfristige Bestandsentwicklung nimmt er eine logistische Wachstumskurve an, deren Parameter er so anpasst, dass die Kurve bestmöglich zur Entwicklung der Bestandsveränderung ( $P - S$ ) passt. Dies führt zu einem Sättigungsniveau von 22,8 Millionen Pkw und einem maximalen Wachstum von 1,5 Millionen Pkw pro Jahr. Der Punkt stärksten Wachstums und damit der Wendepunkt wird kurz vor Ende des Jahres 1921 erreicht.<sup>162</sup> Ähnlich wie beim Ersatzbedarf wird eine

<sup>159</sup> Vgl. Wolff (1938), S. 116–118

<sup>160</sup> Nonworkers' income

<sup>161</sup> Vgl. Wolff (1938), S. 118–119

<sup>162</sup> Vgl. Wolff (1938), S. 120–122

lineare Regressionsfunktion geschätzt, die diejenigen zyklischen Einflüsse erklären soll, auf welche die Abweichung zwischen Trendverlauf und tatsächlichem Verlauf der Neuverkäufe zurückzuführen ist. Hierzu wird ein sehr grob aus der Anzahl produzierter Fahrzeuge und deren Wert ermittelter Preisindex verwendet. Zur Berücksichtigung der Kaufkraft werden erneut mehrere Einkommensvariablen erwogen, wobei schließlich die Unternehmensgewinne<sup>163</sup> zur besten Näherung führen.<sup>164</sup>

Aus den Ergebnissen schließt DE WOLFF auf eine in Kürze bevorstehende Sättigung des US-amerikanischen Marktes und erwartet einen in naher Zukunft auf null zurückgehenden Neubedarf. Aufgrund der sehr spät vorliegenden Erklärungsgrößen eignen sich die ermittelten funktionalen Zusammenhänge zwar wenig für Prognosezwecke, jedoch ist DE WOLFF der Ansicht, dass diese durch andere (nicht explizit benannte) Faktoren ersetzt werden könnten, um diesen Missstand zu beheben.<sup>165</sup>

#### 4.3.2 Kritische Anmerkungen zu DE WOLFFs Arbeit

DE WOLFFs Forschungsarbeit gilt als Pionierarbeit. Sie setzt sich nicht nur zu einem sehr frühen Zeitpunkt mit dem Thema Pkw-Markt-Entwicklung auseinander, sondern beschreibt darüber hinaus die langfristige Pkw-Bestandsentwicklung durch eine logistische Funktion. Zugleich überträgt er damit – womöglich als Erster – die in der Biologie und Chemie verwendete Wachstumstheorie auf den Automobilmarkt durch den Gedanken einer Sigmoid-förmigen Bestandsentwicklung.

ROOS/SZELISKI, die im Jahr 1939 die Einflussgrößen auf die Pkw-Nachfrage auf Basis der Nachfrageentwicklung in den USA bis 1938 untersuchen, kritisieren zwar das von DE WOLFF viel zu niedrig prognostizierte Sättigungsniveau von 22,8 Millionen Pkw, das bereits vor Veröffentlichung der Studie überschritten wurde.<sup>166</sup> Jedoch müssen zwei Aspekte berücksichtigt werden. Zum einen wurde diese Einschätzung maßgeblich durch die Depression in den USA beeinflusst, die in die Zeit des Stützbereichs fiel. DE WOLFF lässt sich vom durch die Weltwirtschaftskrise

---

<sup>163</sup> Corporate profits

<sup>164</sup> Vgl. Wolff (1938), S. 122–123

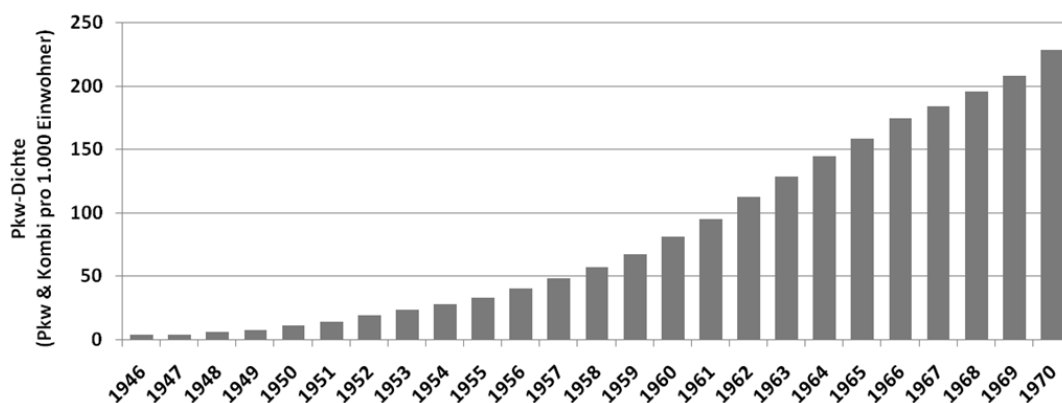
<sup>165</sup> Vgl. Wolff (1938), S. 127–129

<sup>166</sup> Vgl. Roos/Szeliski (1939), S. 31

provozierten Entwicklungsknick täuschen, den er fälschlicherweise als Anzeichen für eine Marktsättigung interpretiert.<sup>167</sup> Zum anderen gab es zu dieser Zeit keinerlei Erfahrungswerte zu Sättigungslevels aus anderen Märkten, da der US-amerikanische Automobilmarkt insofern eine Vorreiterrolle einnahm, als er zum Analysezeitpunkt die mit Abstand stärkste Motorisierungsentwicklung repräsentierte. Kritisch ist weiterhin anzumerken, dass die Wahl der verwendeten Erklärungsvariablen Nicht-Arbeiter-Einkommen (nonworkers' income) und Unternehmensgewinne (corporate profits) lediglich mit dem ‚besten Fit‘ begründet wird. Nach nachvollziehbaren Kausalzusammenhängen wird indes nicht gesucht.

#### 4.4 Pkw-Bestandsprognosen in der BRD<sup>168</sup> in deren früher Entwicklungsphase

In Deutschland begann die Motorisierungsentwicklung bereits vor dem zweiten Weltkrieg. Die BRD wurde jedoch durch den Krieg von einem bereits erreichten Niveau in Höhe von 22 Pkw pro 1.000 Einwohner im Jahr 1939 auf ein Level von vier Pkw pro 1.000 Einwohner im Jahr 1946 zurückgeworfen, so dass die Motorisierungsentwicklung nahezu vom Nullniveau erneut starten musste. Die nachfolgende **Abbildung 4.7** zeigt den Entwicklungsverlauf im Nachkriegsdeutschland anhand der Pkw-Dichten der Jahre 1946 bis 1970.



**Abbildung 4.7: Entwicklung der Pkw-Dichte im Nachkriegs-Deutschland bis 1970<sup>169</sup>**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: KBA)

<sup>167</sup> Vgl. Mogridge (1989), S. 55–56

<sup>168</sup> BRD: Bundesrepublik Deutschland

<sup>169</sup> Jahre 1946-1960 ohne Saarland

Zu dieser Zeit war Deutschland im Hinblick auf seine Motorisierungsentwicklung noch ein Entwicklungsland und durchlief diejenigen Phasen, die derzeit einige Entwicklungs- und Schwellenländer durchschreiten. Vor diesem Hintergrund wird in diesem Kapitel auf Studien und Prognosen zur Bundesrepublik Deutschland eingegangen, die in einer ähnlich unsicheren Lage entstanden, aus der gegenwärtig Vorhersagen zu nicht reifen Märkten entstehen.

#### **4.4.1 Die Arbeit von ZIMMERMANN (1955)**

Eine frühe Studie zur Prognose des deutschen Pkw-Marktes aus dem Jahr 1955 stammt von ZIMMERMANN. Die BRD zählte zu dieser Zeit laut Kraftfahrtbundesamt etwa 33 Pkw pro 1.000 Einwohner.<sup>170</sup> Ziel der Untersuchung ist die Prognose von Pkw-Nachfrage und Pkw-Bestand der Jahre 1953 bis 1963. Hierzu werden der Ersatzbedarf und der Bestands-Erweiterungsbedarf (bezeichnet als Neubedarf) separat ermittelt. Zur Feststellung des Ersatzzeitpunkts wird die Restlebensdauer des Pkw-Bestandes baujahresabhängig ermittelt. Als Auslöser für den Ausfall eines Fahrzeugs wird nicht das Überschreiten einer fixen Altersgrenze angenommen, sondern das Erreichen einer unterstellten Betriebsgrenze von 250.000 Kilometern. Zur Feststellung wie viele Kilometer Fahrzeuge eines bestimmten Baujahres im Mittel bereits zurückgelegt haben und wie viele Kilometer demzufolge bis zum Erreichen der Betriebsgrenze verbleiben, werden durchschnittliche Stilllegungszeiten und mittlere jährliche Laufleistungen der Perioden seit Inbetriebnahme berücksichtigt. Aus den verbleibenden Kilometern bis zum Erreichen der Betriebsgrenze und einer angenommenen mittleren Jahreskilometerleistung wird die verbleibende Nutzungsdauer für Fahrzeuge jeden Baujahres kalkuliert, wodurch für jeden Pkw aus dem Bestand des Jahres 1953 dessen Austausch-Zeitpunkt bestimmt werden kann.<sup>171</sup>

Der Ermittlung des Neubedarfs liegt insofern eine Sättigungs-Hypothese zugrunde, als mit zunehmender Dichte eine sukzessiv abnehmende Dichte-Steigerung erwartet wird. Bezeichnet also  $y$  die Steigerungsrate der Pkw-Dichte vom Jahr  $t$  auf das Jahr

---

<sup>170</sup> Daten: KBA

<sup>171</sup> Vgl. Zimmermann (1955), S. 5–23

$t + 1$  und  $x$  die Pkw-Dichte selbst, so wird eine lineare Funktion von nachfolgendem Typ angenommen:<sup>172</sup>

$$y = a + b \cdot x$$

**Formel 4.2: Lineare Funktion zwischen Dichte-Steigerungsrate und Dichte**

$y$	Steigerungsrate der Pkw-Dichte zwischen zwei Perioden
$x$	Pkw-Dichte
$a, b$	Parameter

Deren Differentialquotient muss infolge der Hypothese negativ sein. Eine empirische Überprüfung anhand der Ist-Daten in acht westeuropäischen Ländern zwischen 1948 und 1953 führt zu zwei Ländergruppen mit unterschiedlicher Charakteristik. ZIMMERMANN ordnet Deutschland einer dieser beiden Gruppen zu und schätzt für diese Länder einen funktionalen Zusammenhang, der für den Bestandszuwachs zwischen dem 1. Juli 1953 und dem 1. Juli 1954 einen Wert nahe dem tatsächlichen Beobachtungswert liefert.<sup>173</sup>

Zur weiteren Plausibilitätsprüfung untersucht ZIMMERMANN das Verhältnis zwischen der Entwicklung des Bruttosozialproduktes pro Kopf und dem Pkw-Bestand. Er unterstellt eine log-lineare Beziehung zwischen der Pkw-Dichte  $y$  und dem Pro-Kopf-BSP<sup>174</sup>  $x$ , deren Schätzung mittels linearer Regression auf Basis der Ist-Daten aller acht Länder zwischen 1948 und 1953 zu nachfolgender Funktion führt:<sup>175</sup>

$$\log(y) = -3,43 + 1,6826 \cdot \log(x)$$

**Formel 4.3: Log-lineare Funktion zwischen Pkw-Dichte und BSP pro Kopf**

$y$	Pkw-Dichte
$x$	Bruttosozialprodukt pro Kopf (in US-Dollar mit Preisen von 1951)

<sup>172</sup> Vgl. Zimmermann (1955), S. 24

<sup>173</sup> Vgl. Zimmermann (1955), S. 24–29

<sup>174</sup> BSP: Bruttosozialprodukt

<sup>175</sup> Vgl. Zimmermann (1955), S. 31

Über den Beobachtungszeitraum hinweg erhält er eine mittlere Einkommenselastizität von 1,68. Tatsächlich bestehen gegenüber diesem Durchschnittswert aber länderspezifisch erhebliche Abweichungen. ZIMMERMANN führt diese strukturellen Unterschiede auf sehr unterschiedliche Einstellungen zum Automobil oder im Fall Österreichs auf dessen wirtschaftliche Expansion zurück. Unter der Annahme eines durchschnittlichen jährlichen Pro-Kopf-BSP-Wachstums von vier Prozent errechnet er für die Jahre 1954-1963 in Verbindung mit den vorher kalkulierten Bestandszuwachs-Werten dieses Zeitraums eine mittlere Einkommenselastizität von 2,71. In den Jahren 1948-1953 lag die Einkommens-Elastizität in Deutschland bei 2,3. ZIMMERMANN hält diesen Verlauf für plausibel und folglich mit den zuvor ermittelten Bestandszuwachsrate vereinbar. Auf Basis der getroffenen Annahmen rechnet er mit einem Anstieg der Pkw-Dichte von 21,9 zum 1. Juli 1953 auf 58,4 Pkw pro 1.000 Einwohner zum 1. Juli 1963 und mit einem Gesamtbestand von 2.917.099 Pkw zum 1. Juli 1963.<sup>176</sup> Tatsächlich war die Pkw-Dichte im Jahr 1963 bereits mehr als doppelt so groß.<sup>177</sup>

#### 4.4.2 Die Arbeit von ZIMMERMANN (1959)

Im Jahr 1959 veröffentlicht ZIMMERMANN eine erneute Prognose, die die Kraftfahrzeugbestände für das Jahr 1967 abschätzt. In Erwartung eines besonderen Impulses für die Bestandsentwicklung durch eine wachsende Pkw-Nachfrage durch Arbeitnehmer, nimmt ZIMMERMANN den Pkw-Halter nun als inhomogen an und unterscheidet Arbeitnehmer (Arbeiter, Angestellte, Beamte) und übrige Halter. Gegenüber der vorherigen Arbeit aus dem Jahr 1955 soll der Gesamtbestand nun nicht mehr durch einen generellen Elastizitätskoeffizienten mit dem BSP in Verbindung gebracht werden, sondern stattdessen nach Arbeitnehmern und übrigen Haltern differenziert werden. Mangels nach Beschäftigungsart unterscheidender Vergangenheitsdaten verzichtet ZIMMERMANN auf eine Regressionsanalyse zur Elastizitätskoeffizienten-Schätzung. Stattdessen berechnet er das Verhältnis aus prozentualer Bestandsveränderung und prozentualer BSP-Veränderung lediglich über Punkt-Elastizitäten, so dass keine Aussage mehr über statistische Fehlergrenzen getroffen

---

<sup>176</sup> Vgl. Zimmermann (1955), S. 31–38, Werte jeweils ohne Saarland und West-Berlin

<sup>177</sup> Daten: KBA

werden kann. Die nachfolgende Formel zeigt den Zusammenhang zwischen den Einkommenselastizitäten des Gesamtbestandes und des Arbeitnehmerbestandes:<sup>178</sup>

$$\varepsilon_{G_t} = \varepsilon_{A_t} \cdot \frac{A_t}{G_t} \cdot \left(1 + \frac{\Delta U}{\Delta A}\right)$$

**Formel 4.4: Zusammenhang zwischen Einkommenselastizitäten**

$G_t$	Gesamtbestand an Pkw pro Kopf der Bevölkerung zum Zeitpunkt $t$
$A_t$	Bestand der von Arbeitnehmern gehaltenen Pkw pro Kopf der Bevölkerung zum Zeitpunkt $t$
$U_t$	Bestand der von übrigen Haltern gehaltenen Pkw pro Kopf der Bevölkerung zum Zeitpunkt $t$
$Y_t$	Bruttosozialprodukt pro Kopf der Bevölkerung in DM <sup>179</sup> in Preisen von 1954 zum Zeitpunkt $t$
$\Delta \dots$	Absolute Veränderung der jeweils nachfolgenden Größe von einem Jahr zum Folgejahr
$\varepsilon_{G_t}$	Elastizität des Gesamt-Pkw-Bestandes zum Zeitpunkt $t$
$\varepsilon_{A_t}$	Elastizität des Arbeitnehmer-Pkw-Bestandes zum Zeitpunkt $t$

Zunächst schätzt ZIMMERMANN den Arbeitnehmeranteil am Gesamt-Pkw-Bestand für das Zieljahr 1967 auf den Wert 0,55. Diese Schätzung basiert auf dem beobachteten Verlauf des Arbeitnehmeranteils am Gesamtbestand (Pkw und Kraft-räder) in den Vorjahren, der auf etwa 0,55 angestiegen und dann mehrere Jahre verhältnismäßig konstant geblieben war. Dieses Phänomen wird als ein möglicher Hinweis auf eine strukturelle Obergrenze des Arbeitnehmeranteils an der Gesamt-motorisierung interpretiert, jedoch ist der Betrachtungshorizont zu kurz für mehr als eine Mutmaßung. Sodann wird aus statistischen Daten das Verhältnis  $\frac{\Delta U}{\Delta A}$  der Bestandsveränderungen von Pkw, die von Nicht-Arbeitnehmern bzw. Arbeitnehmern gehalten werden abgeschätzt. Dieses Verhältnis sank von 2,95 im Jahr 1952 auf 0,61 im Jahr 1956 und wird im Durchschnitt der Jahre 1957-1967 mit 0,4 angesetzt. Mit Hilfe dieser Daten lässt sich die absolute Zunahme des Arbeitnehmer-

<sup>178</sup> Vgl. Zimmermann (1959), S. 7–10

<sup>179</sup> DM. Deutsche Mark



Bestandsanteils aus einer zuvor hergeleiteten Gleichung bestimmen. Durch Addition zum (bekannten) Anfangsbestand ergibt sich hieraus der Arbeitnehmer-Pkw-Bestand für das Jahr 1967. Die Division des prozentualen Zuwachses des Arbeitnehmer-Pkw-Bestands durch den prozentualen Zuwachs des Pro-Kopf-BSPs ergibt die Elastizität  $\varepsilon_A$  des Arbeitnehmerbestandes. Es resultieren folgende Punktelastizitäten für Arbeitnehmerbestand und Gesamtbestand:<sup>180</sup>

$$(1) \text{ Arbeitnehmerbestand: } \varepsilon_A = 10,5$$

$$(2) \text{ Gesamtbestand: } \varepsilon_G = 4,9$$

ZIMMERMANN nimmt für das durchschnittliche jährliche Bevölkerungswachstum für den Zeitraum 1957-1967 0,98 Prozent an und geht von einem mittleren Wachstum des Pro-Kopf-BSPs von 2,4 Prozent aus. Möglichen Einwänden, dass dieses Wachstum zu hoch angesetzt sein könnte, begegnet er vorbeugend mit der Begründung, dass die Prognoseergebnisse der verkehrspolitischen Planung dienen, so dass sie den Charakter einer Obergrenze haben dürften. Mit Hilfe der Annahmen für die BSP-Steigerung und der ermittelten Elastizität des Gesamtbestandes, ergibt sich in Verbindung mit der unterstellten Bevölkerungsentwicklung ein Pkw-Gesamtbestand von 6,231 Millionen Pkw im Jahr 1967 gegenüber 2,456 Millionen im Jahr 1957. Der Bestand an Arbeitnehmerfahrzeugen wächst indes von 817.000 auf 3,327 Millionen an.<sup>181</sup>

#### 4.4.3 Die ESSO-Prognose (1958)

Die volkswirtschaftliche Abteilung der ESSO AG gibt im Jahr 1958 eine Prognose heraus. Ausgangspunkt ist, dass ein angenommenes lineares Verhältnis zwischen Pkw-Bestand und BSP für die Jahre 1950 bis 1954 noch zutreffend war, während die Motorisierung in den Folgejahren deutlich stärker gewachsen und in einen überlinearen Verlauf übergegangen ist. Die Ursache sieht ESSO in einer zunehmend wachsenden Motorisierung der Arbeitnehmer, die ihr Mobilitätsbedürfnis in den ersten Nachkriegsjahren mit Krafträdern befriedigt hätten und seit 1955 infolge steigenden Lebensstandards ihre Krafträder nun vermehrt in die ‚Ideallösung Pkw‘

---

<sup>180</sup> Vgl. Zimmermann (1959), S. 10–13

<sup>181</sup> Vgl. Zimmermann (1959), S. 7–13

eintauschen würden.<sup>182</sup> ESSO zieht aus dieser Beobachtung den Schluss, dass der überlineare Anstieg ab 1955 auf diesen Substitutionsvorgang zurückzuführen sei und stellt daher die lineare Beziehung zwischen dem BSP und der Gesamtmotorisierung<sup>183</sup> her, anstatt zwischen BSP und Pkw-Bestand. Dies führt auf Basis der Jahre 1950-1957 zu nachfolgendem linearen Zusammenhang:<sup>184</sup>

$$y = 2.442,7 + 35,16 \cdot x$$

**Formel 4.5: Lineare Funktion zwischen Gesamtmotorisierung und BSP**

y	Gesamtmotorisierung (Pkw- und Kraftradbestand in 1.000)
x	Bruttosozialprodukt zu Preisen von 1954 in Milliarden DM

Auf Basis dieser linearen Regressionsgleichung werden für 1960 fast fünf Millionen und für 1965 6,16 Millionen Pkw und Krafträder prognostiziert.<sup>185</sup>

Um den Pkw-Bestand aus der Prognose zu isolieren, ist nun noch eine separate Ermittlung des Kraftradbestandes und dessen Subtraktion von der Gesamtmotorisierung nötig. Für den Kraftradbestand im Verhältnis zur BSP-Entwicklung ermittelt ESSO eine GAUSS'sche Normalkurve und trifft die Feststellung, dass ein solcher Verlauf charakteristisch für einen Substitutionsvorgang sei. Der Höhepunkt des Kraftradbestandes wird für das Jahr 1955 mit 2,05 Millionen Einheiten und für das Jahr 1965 ein der GAUSS'schen Kurve folgender Rückgang auf 0,74 Millionen Einheiten erwartet. Daraus resultiert ein erwarteter Pkw-Bestand für das Jahr 1964 von 5,4 Millionen, was einer Pkw-Dichte von etwa 100 Pkw pro 1.000 Einwohner entspricht.<sup>186</sup> Die Hälfte der Pkw soll dabei von Arbeitnehmern gehalten werden. Zudem wird davon ausgegangen, dass die Zuwachsraten in Deutschland von Jahr zu Jahr abnehmen.<sup>187</sup>

<sup>182</sup> Vgl. ESSO AG (Hg.) (1958), S. 1–2

<sup>183</sup> Unter Gesamtmotorisierung wird hier der Pkw-Bestand zuzüglich Kraftradbestand verstanden.

<sup>184</sup> Vgl. ESSO AG (Hg.) (1958), S. 2–9

<sup>185</sup> Vgl. ESSO AG (Hg.) (1958), S. 2

<sup>186</sup> Werte jeweils ohne West-Berlin

<sup>187</sup> Vgl. ESSO AG (Hg.) (1958), S. 4–7

#### 4.4.4 Die erste SHELL-Prognose (1959)

Den Auftakt einer bis heute andauernden Prognose-Reihe gibt die im Jahr 1959 erstmalig erscheinende SHELL-Prognose. Ausgangspunkt sind die von SHELL identifizierten Missstände vorheriger Prognosen, die oftmals lineare Modellzusammenhänge zwischen BSP und Pkw-Bestand unterstellen, obwohl einerseits Einigkeit über eine langfristige Sättigung bestünde und andererseits von langfristig weiter wachsendem BSP ausgegangen werde. Dies ist ein Widerspruch. Auch der Ansatz von ESSO, der den fortsetzenden Pkw-Zuwachs trotz eines zeitweise rückläufigen BSPs durch einen Substitutionsvorgang zulasten von Krafträdern zu erklären versuchte, führte zu Prognoseergebnissen, die sich schon bald als zu niedrig erwiesen. Zur Steigerung der Realitätsnähe hält SHELL daher eine Prognose-Methode für notwendig, deren Annahmen eine langfristige Sättigung des Pkw-Bestands und eine relative Unabhängigkeit zwischen Bestandsentwicklung und BSP-Wachstumsraten umfassen.<sup>188</sup>

SHELL geht von folgender Grundüberlegung aus: Wenn ein neues Gut auf den Markt kommt, gibt es eine bestimmte Anzahl potentieller Konsumenten, die je nach Einkommen und Art des Gutes als Käufer infrage kommen. Es vergeht allerdings ein gewisser Zeitraum, bis alle potentiellen Konsumenten erfasst sind, der größer ausfällt, je teurer das Gut ist. Die Bestandsentwicklung beginnt bei null und setzt bis zum Erreichen ihres Sättigungsniveaus auch dann ihr Wachstum fort, wenn die Einkommen stagnieren. Der Verlauf entspricht dabei einer logistischen S-Kurve. Ermöglicht die Höhe des Preises zunächst nur bestimmten sozialen Schichten die Anschaffung, ist die Sättigungsgrenze einkommensabhängig. Aufgrund des langfristigen Wachstumstrends des BSPs wird aber auch der Pkw-Bestand langfristig seine einkommensunabhängige Sättigungsgrenze erreichen. Wie schnell das geht, hängt von den Wachstumsraten des BSPs ab. Die Bestandsentwicklung ist somit nicht nur dem BSP-Wachstum, sondern auch einem zusätzlichen Zeittrend unterworfen.<sup>189</sup>

---

<sup>188</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1959), S. 3–4

<sup>189</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1959), S. 4–5

Diese Annahmen führen zu folgendem logistischem Wachstumsmodell:<sup>190</sup>

$$y = \frac{K}{[1 + e^{(a-b \cdot t - c \cdot x)}]}$$

**Formel 4.6: Logistisches Pkw-Dichte-Wachstumsmodell der SHELL AG (1959)**

$y$	Gleitender Zweijahresschnitt der Pkw-Dichte der Jahre $t$ und $t + 1$ zum 1. Juli
$t$	Zeit in Jahren (1950 entspricht $t = 0$ )
$x$	BSP pro Kopf des Jahres $t - 1$ in jeweiligen Preisen, 1950 = 1
$K$	Sättigungsparameter
$a, b, c$	Parameter

Der Sättigungsparameter  $K$  wird aus der Gleichung selbst zu  $K = 190$  bestimmt.<sup>191</sup> Die übrigen Parameterwerte werden per multipler Regression geschätzt, die Funktion mit den resultierenden Parametern (vgl. **Formel A. 2**) kann ebenso wie Detailergebnisse der Prognose (vgl. **Tabelle A. 1**) Anhang A dieser Arbeit entnommen werden. Unter der zusätzlichen Prämisse eines nominellen BSP-Wachstums von fünf Prozent bzw. realen BSP-Wachstums von 3,5 Prozent, was deutlich unter den 9,7 Prozent bzw. 7,5 Prozent der Jahre 1951-1958 liegt, gelangt SHELL zum Ergebnis, dass das Pkw-Dichte-Wachstum bis 1962/1963 weiter ansteigt, dann kontinuierlich abnimmt und 1975 den Wert null erreicht. Für die BRD (einschließlich Saarland) ergeben sich hieraus für 1965, 1970 und 1975 Pkw-Bestände in Höhe von 7,1 Millionen, 9,6 Millionen bzw. 11 Millionen, was ausgehend vom Jahr 1959 einer Bestandsverdopplung innerhalb von sechs Jahren und einer Verdreifachung in den folgenden 16 Jahren entspricht.<sup>192</sup>

#### 4.4.5 Die zweite SHELL-Prognose (1961)

Im Jahr 1961 folgt eine weitere SHELL-Prognose. Die aus dem Jahr 1959 bekannte Methodik wird weitestgehend übernommen, wobei der ursprüngliche Stützbereich

<sup>190</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1959), S. I–III

<sup>191</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1959), S. I–III

<sup>192</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1959), S. 6

von 1951-1958 um zwei Jahre bis 1960 verlängert wird.<sup>193</sup> Eine Änderung betrifft die gleichzeitige Verwendung von Zeittrend und Bruttosozialprodukt. Da das BSP im Beobachtungszeitfenster der Vergangenheit im Zeitablauf kontinuierlich gewachsen ist und die Zeit  $t$  und das BSP  $x$  somit korrelieren, besteht auch die Gefahr der Multikollinearität.<sup>194</sup> Infolgedessen wird fortan nur noch die Trendabweichung der BSP-Entwicklung mittels linearer Regression untersucht. Hierzu wird die nachfolgende lineare Trendfunktion des BSPs (Größe  $x$ ) verwendet:<sup>195</sup>

$$x = \alpha + \beta \cdot t + u$$

**Formel 4.7: Trendfunktion des BSPs aus SHELL (1961)**

$x$	BSP pro Kopf
$t$	Zeit in Jahren (1950 entspricht $t = 0$ )
$\alpha, \beta$	Parameter
$u$	Abweichungen zwischen errechnetem und tatsächlichem $x$ -Wert

Diese Trendfunktion wird anstelle des BSPs in der logistischen Funktion aus der Studie des Jahres 1959 (vgl. **Formel 4.6**) verwendet, was zur nachfolgenden logistischen Funktion führt:<sup>196</sup>

$$y = \frac{K}{[1 + e^{((a-c\cdot\alpha)-(b+c\cdot\beta)\cdot t-c\cdot u)}]}$$

**Formel 4.8: Logistisches Pkw-Dichte-Wachstumsmodell der SHELL AG (1961)**

$y$	Pkw-Dichte (Pkw pro 1.000 Einwohner) im Jahresdurchschnitt
$t$	Zeit in Jahren (1950 entspricht $t = 0$ )
$K$	Sättigungsparameter
$a, b, c, \alpha, \beta$	Parameter
$u$	Abweichungen zwischen errechnetem und tatsächlichem $x$ -Wert

<sup>193</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1961a), S. 4–6

<sup>194</sup> Auf diesen Begriff wird in Kapitel 6.4 noch einmal eingegangen.

<sup>195</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1961b), S. 4–5

<sup>196</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1961b), S. 4–5, Vorzeichenfehler in Originalquelle korrigiert

Neu ist darüber hinaus die Aufteilung in die zwei Alternativszenarien ‚Obergrenze‘ und ‚Untergrenze‘, der die Annahme zugrunde liegt, dass die tatsächliche Entwicklung zunächst bis zum Jahr 1965 dem oberen Szenario folgt und dann auf das untere Szenario übergeht. Dieser angenommene Effekt stützt sich auf Spekulationen über einen möglicherweise zu langsam fortschreitenden Infrastrukturausbau. SHELL geht davon aus, dass die Straßenverkehrsverhältnisse die Ausbreitung des eigentlich vorhandenen Motorisierungswillens hemmen.<sup>197</sup>

Das Sättigungsniveau für das obere Szenario setzt SHELL mit 300 Pkw pro 1.000 Einwohner deutlich höher an, als in der Prognose von 1959. Jedoch bestehen eigene Zweifel an dessen Erreichen. Vielmehr wird durch den angenommenen Übergang auf das untere Szenario das Ansteuern eines geringeren Sättigungswertes unterstellt. Ergänzend werden in der Studie unterschiedliche Fahrzeugarten separat betrachtet. Für Kraftfahrzeuge allgemein entstehen Prognosen bis 1975, für Pkw Prognosen bis 1980.<sup>198</sup> Dies führt unter anderem zu dem Ergebnis eines erheblichen Bedeutungsgewinns des Pkw<sup>199</sup>, der seinen Anteil am gesamten Kfz<sup>200</sup>-Bestand von ca. 29 Prozent im Jahr 1950 und 47 Prozent im Jahr 1960 auf etwa 78 Prozent im Jahr 1975 ausbauen soll.<sup>201</sup> Des Weiteren prognostiziert SHELL eine Verdopplung des Kfz-Bestands von 1960 bis 1975 von 9,2 Millionen auf 18,1 Millionen Einheiten, während sich der Pkw-Bestand<sup>202</sup> in derselben Zeit auf 14,1 Millionen mehr als verdreifacht. Detailliertere Ergebnisse für beide Fahrzeugkategorien enthält **Tabelle A. 2** in Anhang A dieser Arbeit. Zudem kommt eine weitere Untersuchung zur lokalen Verteilung des Pkw-Bestandes ab 1970 zum Ergebnis, dass im Jahr 1970 etwa zwei Drittel der Pkw auf Ballungsgebiete mit mehr als 200 Einwohnern pro Quadratkilometer entfallen werden, die jedoch nur ein Fünftel der Gesamtfläche einnehmen.<sup>203</sup> Demzufolge entwickelt sich der Pkw-Bestand in Ballungsräumen schneller als in ländlichen Regionen.

---

<sup>197</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1961a), S. 5–8

<sup>198</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1961a), S. 2–6

<sup>199</sup> Einschließlich Kombinationskraftwagen und Krankenkraftwagen

<sup>200</sup> Kfz: Kraftfahrzeug

<sup>201</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1961a), S. 2–3

<sup>202</sup> Einschließlich Kombinations- und Krankenkraftwagen, ohne West-Berlin, inkl. Saarland

<sup>203</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1961a), S. 3–7

#### 4.4.6 Die weiteren SHELL-Prognosen

Weitere SHELL-Prognosen in den Folgejahren ab 1963 führen die vorherige Methode zunächst weitgehend fort. In jüngeren Ausgaben sind vermehrt Alternativszenarien zu finden, die auf verschiedenen Annahmen basieren. Ein Beispiel hierfür ist die SHELL-Prognose aus dem Jahr 1989. Diese ist auch insofern bedeutsam, als SHELL zwei Monate vor dem nicht zu erwartenden Mauerfall das Erreichen der vollständigen Pkw-Markt-Sättigung in den folgenden zehn bis zwanzig Jahren prognostiziert.<sup>204</sup>

Die Arbeit beinhaltet die Feststellung, dass der Ersatzbedarf im Jahr 1988 mit etwa 76 Prozent die Neuzulassungen schon wesentlich bestimmt. Wie schon in einigen früheren Arbeiten erfolgt eine Prognose für zwei Alternativ-Szenarien: ‚Strukturwandel‘ und ‚Disharmonien‘. Das Szenario Strukturwandel kennzeichnet die Offenheit gegenüber neuen Rahmenbedingungen wie Umweltschutzmaßnahmen und technischen Neuerungen sowie eine positive Einstellung auch in konjunkturschwächeren Phasen. Demgegenüber geht das Disharmonie-Szenario von Verbrauchern aus, die zu Veränderungen gezwungen werden müssen und tendenziell an alten Strukturen festhalten sowie einer Uneinheitlichkeit in der Europapolitik. Auf diese Szenarien stützt SHELL die Annahme eines optimistischen (Strukturwandel) und eines pessimistischeren (Disharmonie) langfristigen Sättigungsniveaus und schätzt auf deren Basis zwei rein zeitabhängige generalisierte logistische Funktionen mit dem Stützbereich 1952-1988.<sup>205</sup> Die zugehörigen Funktionen (vgl. **Formel A. 3** in Verbindung mit **Tabelle A. 3**) befinden sich in Anhang A dieser Arbeit. Das optimistische Szenario unterstellt das Erreichen der Markt-Sättigung im Jahr 2010 bei einem Wert von 586<sup>206</sup> Pkw pro 1.000 Einwohner Gesamtbevölkerung. Im pessimistischen Szenario wird bereits im Jahr 2000 das Sättigungsniveau erreicht, das in der Folge bei 515 Pkw pro 1.000 Einwohner konstant bleibt.<sup>207</sup>

---

<sup>204</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1989), S. 1–27

<sup>205</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1989), S. 5–22

<sup>206</sup> Werte sind umgerechnet auf die Gesamtbevölkerung, da die Pkw-Dichten in der Originalquelle auf den Bevölkerungsanteil mit einem Alter ab 18 Jahren bezogen sind.

<sup>207</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1989), S. 7–13

#### 4.4.7 Die Arbeit von LENK (1962)

Auslöser für die Arbeit von LENK (1962) ist seine frühere Prognose, die zwar weniger als fünf Prozent von der Realität abgewichen sei, aber methodenbedingt die langfristige Entwicklung unterschätzen werde.<sup>208</sup> LENK betont, dass eine Prognose nicht die tatsächlich eintretenden Werte treffen müsse, sondern lediglich wichtig sei, dass „die Entwicklungstendenz größenordnungsmäßig gut getroffen“<sup>209</sup> werde.

LENKs neue Prognosen basieren auf internationalen Vergleichen, also Analogieschlüssen zu bereits beobachtbaren Entwicklungen in anderen Staaten. Dabei bezieht er sich auf eine Studie des BATTELLE-Instituts, das zwei Ländergruppen mit unterschiedlichen Verlaufsscharakteristika identifiziert habe, deren Gruppenmitglieder sich jeweils homogen verhielten. Die erste Gruppe bilden die USA, Schweden, BRD, Frankreich und Österreich, die zweite die Niederlande, Dänemark, Italien, Schweiz, Großbritannien und Kanada. Nach LENKs Auffassung lässt sich die unterschiedlich starke Verwendung von Einkommenssteigerungen für die Pkw-Anschaffung in den beiden Ländergruppen nicht durch objektive Kriterien erfassen. Vielmehr geht er von einer verschieden gearteten psychologischen Einstellung zur privaten Motorisierung aus.<sup>210</sup>

LENK orientiert sich vorwiegend an den USA, die der BRD in ihrer Motorisierungsentwicklung weit voraus sind, da sie bereits im Jahr 1922 eine Pkw-Dichte vergleichbarer Höhe wie die BRD 1961 (95 Pkw pro 1.000 Einwohner) verzeichneten. Er sieht drei wesentliche Treiber als ausschlaggebend für das Erreichen einer Pkw-Expansion analog zu den USA an. Dies ist eine ähnliche Entwicklung der Realeinkommen (in den USA verdoppelten sich diese zwischen 1922 und 1960), im Zeitverlauf im Verhältnis zum Einkommen sinkende Pkw-Preise und eine nicht hemmende Straßeninfrastruktur bei geringer Konkurrenz des ÖPNV<sup>211</sup>-Angebots.<sup>212</sup> Trotz dieser Moderatoren beschränkt sich LENK auf Analogien der Dichte-Entwicklung im Zeitverlauf und sieht darin insofern einen wesentlichen Vorteil, als

---

<sup>208</sup> Vgl. Lenk (1962), S. 22–24

<sup>209</sup> Lenk (1962), S. 4

<sup>210</sup> Vgl. Lenk (1962), S. 28–29

<sup>211</sup> ÖPNV: Öffentlicher Personennahverkehr

<sup>212</sup> Vgl. Lenk (1962), S. 33–41



gegenüber sonst oftmals verwendeten komplizierten Projektionsmodellen keine mehr oder weniger unsicheren Annahmen getroffen werden müssten.<sup>213</sup>

Als Obergrenze des Verlaufs, bezeichnet als ‚Maximal I‘-Szenario, unterstellt er eine Entwicklung im Zeitverlauf, die derjenigen der USA entspricht. Hierbei klammert LENK jeweils zwei Zeiträume aus, in denen die Pkw-Dichte infolge wirtschaftlicher Ausnahmezustände zurückging. Dies war aufgrund der Weltwirtschaftskrise in den Jahren 1930-1938 der Fall und wegen des zweiten Weltkriegs und dessen Folgen im Zeitraum 1942-1947. Dieses Szenario geht in puncto Beschäftigung, Produktivitätssteigerung und Infrastruktur von Idealbedingungen aus. In diesem Fall würde im Jahr 1985 eine Pkw-Dichte von 342 Pkw pro 1.000 Einwohner erreicht (wie in den USA im Jahr 1960). Anschließend würde die Dichte bis auf 345 ansteigen und fortan stagnieren, wobei sich LENK nicht auf ein absolutes Maximum festlegt, da auch dieser Wert in den USA bereits überschritten sei und ein Bedeutungsgewinn von Zweitwagen weiteres Potential verheißen könne.<sup>214</sup>

LENK entwickelt drei weitere Szenarien. Das pessimistische, die ‚Minimal II‘-Prognose, unterstellt degressives Wachstum bis zu Beginn der 1970er Jahre, infolge eines schleppenden Infrastrukturausbaus, der dem Pkw-Wachstum hinterherlaufe und erst Anfang der 1970er Jahre an Fahrt aufnehme. Dessen Eintreten hält LENK jedoch für unwahrscheinlich, da die Wirtschaftspolitik eine solche Entwicklung mit Schaden für die Automobilindustrie zu verhindern wissen werde. Die übrigen beiden Szenarien orientieren sich an den Ergebnissen für die zwei identifizierten Gruppen aus der Studie des BATTELLE-Instituts. Das ‚Maximal II‘-Szenario entspricht der ersten Ländergruppe und LENK stuft es als wahrscheinlicher ein als einen Verlauf analog zu den USA, wie ihn das ‚Maximal I‘-Szenario unterstellt. Das ‚Minimal I‘-Szenario orientiert sich an der Entwicklung der zweiten Gruppe und stellt – abgesehen vom pessimistischen Szenario – eine Wachstumsuntergrenze dar.<sup>215</sup> Eine tabellarische Übersicht der Prognosewerte der Szenarien (vgl. **Tabelle A. 4**) befindet sich im Anhang A, eine grafische Darstellung folgt in Kapitel 4.4.9.

---

<sup>213</sup> Vgl. Lenk (1962), S. 29

<sup>214</sup> Vgl. Lenk (1962), S. 30–41

<sup>215</sup> Vgl. Lenk (1962), S. 40–44

#### 4.4.8 Die Arbeit von SIEBKE (1963)

SIEBKE geht in seiner Arbeit aus dem Jahr 1963 von einem begrenzten Wachstum aus und verwendet daher eine logistische Funktion, die den bis dahin oftmals rein zeitabhängig dargestellten Wachstumsprozess (Trendmodell) durch das Pkw-Preisniveau und eine Einkommensgröße als zusätzliche Bestimmungsfaktoren zu einem Wirkungsmodell erweitern soll. Zwar seien damit keinesfalls alle Einflussvariablen einbezogen, jedoch seien weitere potentielle Einflüsse quantitativ nicht erfassbar. Die Erweiterungen des Exponenten führen zu folgender Modellerwägung, die aber im Rahmen der späteren Prognose nicht eingesetzt wird:<sup>216</sup>

$$B = \frac{k}{1 + e^{a-b \cdot t - c \cdot Y + d \cdot P}}$$

**Formel 4.9: Erwogenes Pkw-Dichte-Prognosemodell von SIEBKE (1963)**

$B$	Pkw-Dichte (Pkw-Bestand pro 1.000 Einwohner)
$k$	Sättigungsniveau, $k = f(Y, P)$
$Y$	BSP pro Kopf (in US-Dollar in Preisen von 1954)
$P$	Pkw-Preisniveau (Ermittlung nicht näher spezifiziert)
$t$	Zeit (1950: $t = 0$ )
$a, b, c, d$	Parameter

Eine Besonderheit in SIEBKEs Modell betrifft den Sättigungsparameter  $k$ , der nicht als Konstante angesehen wird, sondern als veränderliche Größe, die funktional von BSP pro Kopf und Preisniveau abhängen soll. Er begründet dies damit, dass die potentielle Nachfrageschicht im Fall des Automobils zum Zeitpunkt  $t_0$  nicht derjenigen zu einem späteren Zeitpunkt entspräche, sondern von den zuvor genannten Einflussgrößen (BSP pro Kopf und Preisniveau) abhängen und somit auch veränderlich sein müsse. Nachdem zwei Versuche zur Schätzung des Sättigungslevels aus der Funktion heraus unter Zuhilfenahme zweier verschiedener Methoden zu völlig unterschiedlichen Resultaten führen, kommt SIEBKE zum Ergebnis, dass der bisherige Verlauf der Bestandsentwicklung zu kurz für einen gesicherten Rückschluss auf das Sättigungslevel sei. Zudem erinnere der Verlauf der Bestandsent-

<sup>216</sup> Vgl. Siebke (1963), S. 22–27

wicklung bis zum Untersuchungszeitpunkt eher an eine Exponentialfunktion und besitze noch keinen Wendepunkt. Infolgedessen bestimmt SIEBKE das Sättigungslevel unter qualitativen Gesichtspunkten autonom. Da sich noch keine Abnahme des Wachstums abzeichnet, schließt er aufgrund der Symmetrie der logistischen Kurve auf ein Sättigungslevel oberhalb von 200 Pkw pro 1.000 Einwohner. Erfahrungswerte aus den USA und Schweden sowie die Unterschätzung aus der SHELL-Studie von 1959 veranlassen SIEBKE schließlich zur Festlegung zweier Alternativ-Szenarien mit Sättigungsniveaus von 250 und 300 Pkw pro 1.000 Einwohner.<sup>217</sup>

Im Anschluss an eine ökonometrische Analyse führt SIEBKE die Prognose selbst nur noch mit einer, gegenüber seinen vorherigen Erwägungen sehr reduzierten, (rein zeitabhängigen) Trendfunktion durch. Diese lautet:<sup>218</sup>

$$B(t) = \frac{k}{1 + e^{a-b \cdot t}}$$

**Formel 4.10: Verwendetes Pkw-Dichte-Prognosemodell von SIEBKE (1963)**

$B$	Pkw-Dichte (Pkw-Bestand pro 1.000 Einwohner)
$k$	Sättigungsdichte (2 Szenarien: $k_1 = 300$ , $k_2 = 250$ )
$t$	Zeit (1950: $t = 0$ )
$a, b$	Parameter

In Bezug auf den Wegfall der zunächst beabsichtigten Berücksichtigung des Pro-Kopf-BSPs und des Preisniveaus als Determinanten erklärt er entschuldigend, dass das Einkommen als Erklärungsvariable bei der Bestimmung der beiden Sättigungslevel-Alternativen berücksichtigt worden sei.<sup>219</sup> Für die zwei Szenarien prognostiziert SIEBKE für das Jahr 1970 eine Pkw-Dichte von 205 bzw. 230 Pkw<sup>220</sup> pro 1.000 Einwohner.<sup>221</sup> Den Wendepunkt des Bestandes, der gleichbedeutend mit der maximalen Netto-Nachfrage ist, erwartet er zwischen 1963 und 1965 bei einer Nachfrage von 15,8 bzw. 13,6 Pkw pro 1.000 Einwohner, was etwa 0,8-0,9 Millio-

<sup>217</sup> Vgl. Siebke (1963), S. 26–33

<sup>218</sup> Vgl. Siebke (1963), S. 39

<sup>219</sup> Vgl. Siebke (1963), S. 39

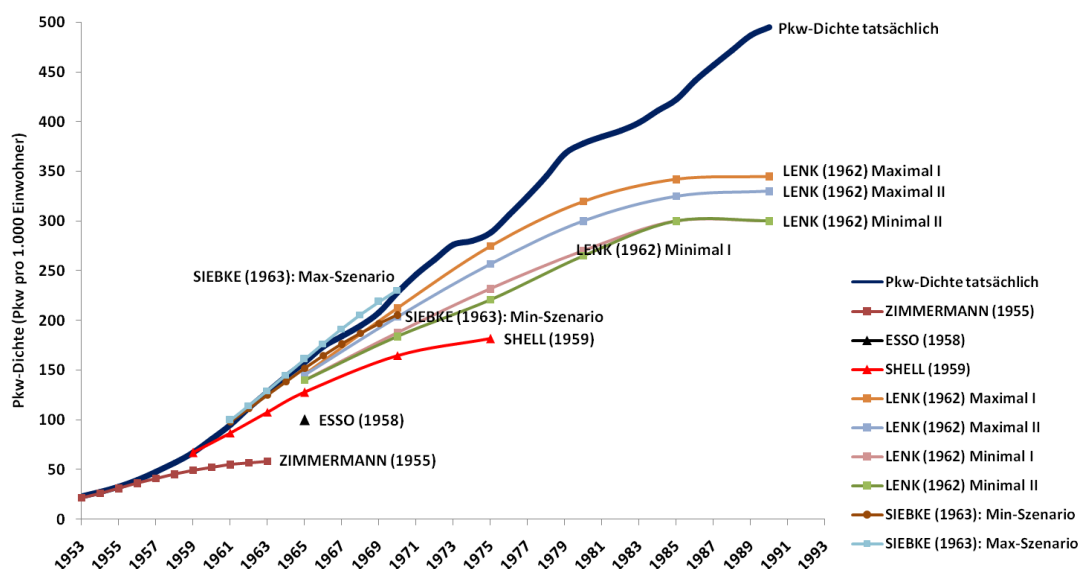
<sup>220</sup> Jeweils inkl. Kombi- und Krankenkraftwagen, jedoch ohne Saarland und West-Berlin

<sup>221</sup> Vgl. Siebke (1963), S. 39–41

nen Pkw entspricht. SIEBKE weist darauf hin, dass es in der Vergangenheit oftmals infolge unterschätzter Bevölkerungszuwächse zu einer Unterschätzung der Abso-  
lutbestände gekommen sei. Darüber hinaus ermittelt er mit Hilfe von Überlebens-  
quoten den entstehenden Pkw-Ersatzbedarf.<sup>222</sup> Eine Tabelle mit den Prognoseergeb-  
nissen SIEBKEs (vgl. **Tabelle A. 5**) befindet sich in Anhang A dieser Arbeit.

#### 4.4.9 Kritische Anmerkungen zu den Arbeiten in der BRD

Die nachfolgende **Abbildung 4.8** stellt die tatsächliche Pkw-Dichte-Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland zwischen 1953 und 1990 den zuvor dargestellten Prognosen gegenüber. Sie verdeutlicht, dass alle Prognosen – mit Ausnahme des Maximal-Szenarios von SIEBKE für 1963-1970 – bereits während ihres Vorhersagehorizonts zu einer erheblichen Unterschätzung der tatsächlichen Entwicklung führten. Auch die Prognose von SIEBKE, die hiervon zunächst eine Ausnahme bildet, hätte bei Fortsetzung der Prognose-Methodik schon bald den tatsächlichen Verlauf aufgrund ihrer Prämisse eines Sättigungslevels in Höhe von 300 Pkw pro 1.000 Einwohner, das bereits 1976 überschritten wurde, unterschätzt.<sup>223</sup>



**Abbildung 4.8: Vergleich verschiedener Pkw-Bestandsprognosen für die BRD**

(Quelle: Eigene Darstellung)

<sup>222</sup> Vgl. Siebke (1963), S. 41–51

<sup>223</sup> Daten: KBA

ESSO (1958) und ZIMMERMANN (1959) verwenden lineare Verfahren und beinhalten somit die Schwachstelle eines prinzipiell unbegrenzten Wachstums. Beiden Untersuchungen ist der Gedanke eines bedeutenden Motorisierungsimpulses durch die Arbeitnehmer gemein, die bis dahin nur geringe Teile des Pkw-Bestands hielten. ESSO begründet zunehmende Pkw-Absatzzahlen mit einem Substitutionsvorgang zulasten von Krafträdern. Jedoch stellten sich die getroffenen Hypothesen schon kurze Zeit nach der Prognose als unzutreffend heraus. Die frühere Arbeit von ZIMMERMANN (1955) basiert auf einer Rekursions-Funktion und besitzt, durch die Annahme einer mit steigender Dichte rückläufigen Dichte-Wachstumsrate eine Sättigungsgrenze. Diese wird zwar nicht explizit benannt, jedoch führt das Nullsetzen der Funktion der Dichte-Wachstumsraten-Funktion und deren Auflösung nach der Pkw-Dichte zu einem Wert von etwa 61,7 Pkw pro 1.000 Einwohner, ab dem kein Wachstum mehr stattfinden soll. Dieser Wert wurde jedoch bereits zwischen 1958 und 1959 überschritten.

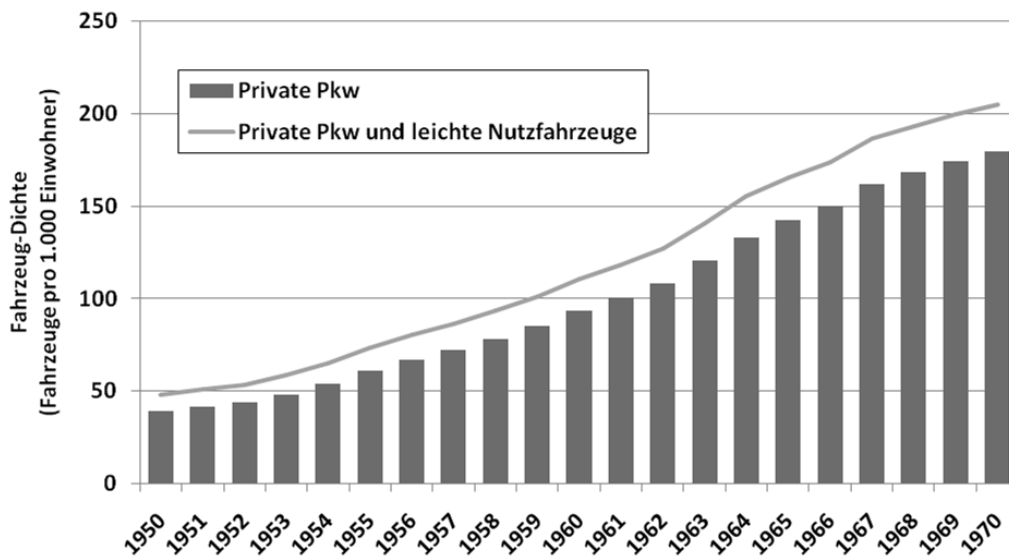
SHELL verwendet seit seiner ersten Arbeit aus dem Jahr 1959 eine logistische Funktion, dessen Sättigungslevel kontinuierlich angehoben wurde. Die in regelmäßigen Abständen aktualisierten SHELL-Prognosen erfreuen sich breiter Anerkennung. Die grundsätzliche Methodik unterscheidet sich derweil von Ausgabe zu Ausgabe wenig. Ab 1961 wurde auf eine parallele Verwendung von Zeit und Einkommen als Erklärungsgrößen mangels zusätzlichen Informationsgehalts verzichtet. LENK (1962) und SIEBKE (1963) gehen ebenfalls von beschränktem Wachstum aus. LENK verwendet als Methode einen Analogieschluss zu bereits stärker motorisierten Staaten und begründet seine Vorgehensweise mit dem Verzicht auf mehr oder weniger unsichere Annahmen. Dem ist kritisch entgegenzuhalten, dass mit einem Analogieschluss starke Strukturähnlichkeiten hinsichtlich der Wirkungszusammenhänge zwischen Untersuchungsland und Entwicklungsvorbild unterstellt werden, was eine ähnlich unsichere Annahme darstellt. SIEBKE verwendet eine logistische Funktion, stößt aber auf Umsetzungsprobleme seiner ökonometrischen Hypothesen, weil die Trendvariable den größten Teil des Erklärungsgrades an sich zieht – was kein seltenes Problem ökonometrischer Untersuchungen ist<sup>224</sup> – und führt seine Prognosen letztlich mit einer rein zeitabhängigen Funktion durch.

---

<sup>224</sup> Vgl. Wiegert (1976), S. 50

## 4.5 Pkw-Bestandsprognosen in Großbritanniens früher Entwicklungsphase

Die nachfolgende **Abbildung 4.9** zeigt die Motorisierungsentwicklung Großbritanniens anhand des Dichtezuwachses privater Pkw in den Jahren 1950 bis 1970 und einer weiteren Kurve, die zusätzlich leichte Nutzfahrzeuge erfasst.



**Abbildung 4.9: Entwicklung der Pkw-Dichte in Großbritannien von 1950-1970**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: UK<sup>225</sup> Department for Transport)

Beim Vergleich von Abbildung 4.9 und Abbildung 4.7 ist zu erkennen, dass das Motorisierungsniveau im Jahr 1950 deutlich über dem der BRD im selben Zeitraum lag, was sich infolge eines weniger starken Wachstums in Großbritannien bis 1970 umkehrte. Auch in Großbritannien stand die Pkw-Bestandsentwicklung im Forschungsinteresse, vor allem ab den 1960iger Jahren. Nachfolgend wird auf Arbeiten von TANNER, MOGRIDGE und BEESLEY/KAIN eingegangen.

### 4.5.1 Die Arbeiten von TANNER (ab 1962)

TANNER (1963) untersucht in seiner Arbeit den grundsätzlichen Zusammenhang zwischen Pkw-Dichte und den folgenden fünf Einflussgrößen mittels multipler linearer Regression: Durchschnittseinkommen, Anteil der Arbeiter aus einer hohen

<sup>225</sup> UK: United Kingdom (Vereinigtes Königreich Großbritannien und Nordirland)

sozialen Schicht, Bevölkerungsanteil in urbanen Räumen, Bevölkerungsdichte und geographische Lage. Dies führt zu nachfolgender Funktion:<sup>226</sup>

$$Y = -0,02741 + 0,0002978 \cdot A + 0,002056 \cdot B - 0,0003137 \cdot C \\ - 0,000007838 \cdot D - 0,0006595 \cdot E$$

**Formel 4.11: Erklärungsfunktion der Pkw-Dichte von TANNER (1963)**

<i>Y</i>	Pkw-Dichte (hier abweichend: Pkw-Bestand pro Einwohner)
<i>A</i>	Durchschnittliches Bruttoeinkommen (der steuerpflichtigen Einkommen in britischen Pfund 1954/1955)
<i>B</i>	Bevölkerungsanteil in hoher sozialer Schicht (1951)
<i>C</i>	Bevölkerungsanteil in urbanen Räumen (1961)
<i>D</i>	Bevölkerungsdichte (Bevölkerungszahl auf einer Fläche von etwa 40.000 Quadratkilometern im Jahr 1961)
<i>E</i>	Geographische Lage (gemessen in 10 Kilometer-Einheiten und in nördlicher Richtung wachsend, proportional zu den Breitengraden)

Somit gelingt es TANNER, voneinander abweichende Pkw-Dichten in verschiedenen Grafschaften<sup>227</sup> Großbritanniens auf unterschiedliche Ausprägungen der fünf exogenen Einflussgrößen im Jahr 1960 zurückzuführen und damit 85 Prozent der Varianz der Pkw-Bestandsunterschiede zu erklären.<sup>228</sup>

Ähnlich wie BAIN (1962) die logistische Wachstumskurve zur Erklärung der Ausbreitung von Fernsehgeräten verwendete,<sup>229</sup> entwickelte TANNER auf deren Basis das TRRL<sup>230</sup>-Modell. Diese logistische Funktion, die als einzige Erklärungsgröße die Zeit enthält, bildete zwischen 1962 und 1974 die wesentliche Methode für Bestandsprognosen und transportseitige Investitionsentscheidungen, z. B. Fernstraßen-

<sup>226</sup> Vgl. Tanner (1963), S. 276–281

<sup>227</sup> Counties

<sup>228</sup> Vgl. Tanner (1963), S. 276–283

<sup>229</sup> Vgl. Bain (1962), S. 145–167

<sup>230</sup> TRRL: Transport and Road Research Laboratory

investitionen im Vereinigten Königreich. Jedoch bewährte sich dieses rein extrapolierende Modell in der Praxis nicht. Zum einen überschätzte es die tatsächliche Bestandsentwicklung. Zum anderen wurde bezweifelt, dass die Zeit als einzige Erklärungsgröße ausreichend sei, da das Modell somit jegliche politische Einwirkung und Änderungen der Wirtschaftsleistung ignorierte. Schließlich zeigte die Ölkrise im Jahr 1973 in welchem Maße sich deutliche Änderungen der motorisierungsabhängigen Kosten auf die Absatz- und Bestandsentwicklung auswirken konnten. TANNER veränderte daraufhin im Jahr 1974 das TRRL-Modell insofern, als er unter Beibehaltung der logistischen Funktion das Pro-Kopf-GDP und eine Messgröße, die Motorisierungskosten (Anschaffungs- und Betriebskosten) berücksichtigen sollte, integrierte. Hierdurch vergrößerte sich jedoch die Anzahl zu schätzender Parameter von drei auf fünf.<sup>231</sup> Im Jahr 1977 veränderte TANNER seine Funktion durch Ergänzung eines weiteren Parameters erneut zur sogenannten Power-Growth-Function. Diese Modifikation verhalf zu einem asymmetrischen Kurvenverlauf, der wie die GOMPERTZ-Funktion einen früheren Wendepunkt und ein langsames Annähern ans Sättigungsniveau zur Folge hatte.<sup>232</sup>

#### 4.5.2 Die Arbeit von MOGRIDGE (1967)

MOGRIDGE (1967) befasst sich in seiner Arbeit mit den ökonomischen Bestimmungsfaktoren des Pkw-Bestands. Hierzu nutzt er Daten aus einer Erhebung zu den Investitionen von Familien<sup>233</sup> über die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft von Haushalten für Pkw-Anschaffung und Pkw-Nutzung in Abhängigkeit ihres Einkommens. MOGRIDGE trifft die Annahme, dass die erhobenen Investitionsmuster langfristig stabil bleiben, das Einkommenswachstum wie im Durchschnitt der Jahre 1951-1964 auch weiterhin bei sechs Prozent liegen wird und die Einkommensverteilung als doppelt logarithmische Kurve angenommen werden kann, die sich im Zuge des Einkommenswachstums im Zeitverlauf nach rechts verschiebt. Darüber hinaus geht er aufgrund nur geringer Änderungen der letzten Jahre von einer Konstanz der Neuwagenpreise aus. Das verwendete Modell wird in nachstehender **Abbildung 4.10** veranschaulicht. Durch Multiplikation der jeweiligen Haushaltsanzahl je Einkommensschicht mit den erhobenen Daten zur einkommensschichtabhängi-

---

<sup>231</sup> Vgl. Button/Pearman/Fowkes (1982), S. 14–19

<sup>232</sup> Vgl. Tanner (1978), S. 21, vgl. Button/Pearman/Fowkes (1982), S. 22–25

<sup>233</sup> Family Expenditure Survey



gen Zahlungsbereitschaft zur Pkw-Anschaffung ermittelt MOGRIDGE ein jährliches Zahlungsvolumen für Pkw. Dieses lässt sich mittels Division durch einen geschätzten durchschnittlichen Pkw-Anschaffungspreis in die Anzahl jährlich neu angeschaffter Pkw überführen.<sup>234</sup>

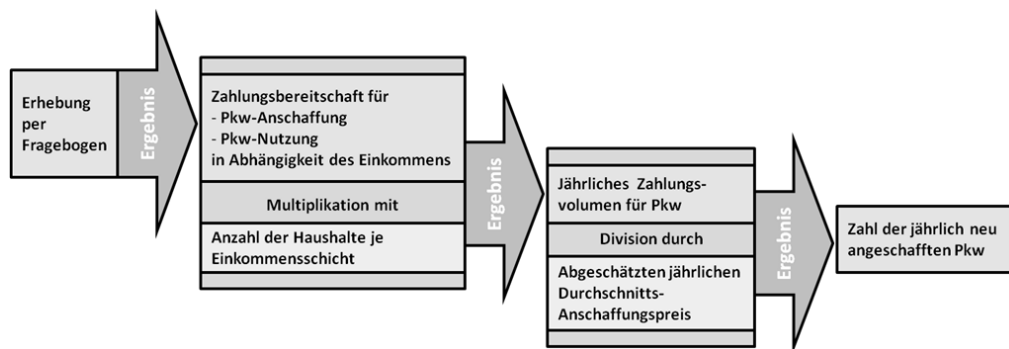


Abbildung 4.10: Pkw-Bestandsentwicklungs-Modell von MOGRIDGE (1967)

(Quelle: Eigene Darstellung)

#### 4.5.3 Die Arbeit von KAIN/BEESLEY (1964)

KAIN/BEESLEY (1964) verfolgen das Ziel einer Abschätzung der Motorisierungsentwicklung der Stadt Leeds bis zum Jahr 2010. Hierzu wird ein lineares Querschnitts-Regressionsmodell aufgestellt, das die Pkw-Dichte als abhängige und die Brutto-Wohndichte sowie das mittlere jährliche Familieneinkommen als unabhängige Variable enthält. In Ermangelung ausreichender britischer Daten werden ersatzweise solche aus 45 US-amerikanischen Städten für die Modellschätzung verwendet, was zu nachfolgender Funktion führt:<sup>235</sup>

$$Y = 148,75 - 0,0084 \cdot D + 0,03455 \cdot X$$

Formel 4.12: Pkw-Dichte-Modell von KAIN/BEESLEY (1964) (US-Städte)

Y	Pkw-Dichte (Pkw pro 1.000 Einwohner der Bevölkerung des Jahres 1960)
D	Wohndichte (Bevölkerungsanzahl pro Quadratmeile) des Jahres 1960
X	Durchschnittliches jährliches Familieneinkommen in US-Dollar im Jahr 1961

<sup>234</sup> Vgl. Mogridge (1989), S. 54–63

<sup>235</sup> Vgl. Kain/Beesley (1964), S. 174–186

Das macht eine Anpassung erforderlich, indem durch Multiplikation der Gleichung mit dem Faktor 1,089 der zusätzlichen Berücksichtigung von Firmenwagen und staatlich genutzten Fahrzeugen neben ausschließlich privat genutzten Pkw (für die die US-Daten gelten) Rechnung getragen wird. Zur Verwendung für Leeds muss anschließend wieder eine Währungsumrechnung von US-Dollar in Britische Pfund Sterling erfolgen. Da diese sowohl mittels offizieller Wechselkurse als auch kaufkraftbereinigt vorgenommen werden kann und KAIN/BEESELEY sich auf keine der beiden Methoden festlegen, entstehen zwei Regressionsgleichungen, die fortan parallel verwendet werden. Bei der Anpassung für die Stadt Leeds wird die Annahme getroffen, dass sich Unterschiede in der urbanen Form zwischen Leeds und den US-Städten ausschließlich auf die Konstante der linearen Regressionsgleichungen auswirken. Infolgedessen werden die Ist-Werte für Pkw-Dichte, Wohndichte und Einkommen für Leeds aus dem Jahr 1960 in die Gleichung eingesetzt und die Konstante angepasst, bis die Gleichung erfüllt ist. Diese Annahmen führen zu folgenden beiden Funktionsalternativen (abhängig vom verwendeten Umrechnungskurs):<sup>236</sup>

$$Y = 1,089 \cdot (129,48 - 0,0084 \cdot D + 0,03455 \cdot X)$$

**Formel 4.13: Modell von KAIN/BEESELEY (1964) (offizielle Wechselkurse)**

$$Y = 1,089 \cdot (118,49 - 0,0084 \cdot D + 0,03455 \cdot X)$$

**Formel 4.14: Modell von KAIN/BEESELEY (1964) (kaufkraftbereinigt)**

Vor Durchführung der Prognose werden zudem die Annahmen getroffen, dass das jährliche Familieneinkommenswachstum zwischen 1960 und 2010 dem der Jahre 1954-1962 in Höhe von 2,5 Prozent entsprechen wird und die Einwohnerdichte um zehn Prozent abnimmt. Anschließend wird mit Hilfe der zwei ermittelten Gleichungen die Pkw-Dichte von Leeds bis zum Jahr 2010 prognostiziert und die Prognoseergebnisse an zwei Alternativprognosen gemessen. Zum einen an TANNERS Prognose aus dem Transportministerium für Großbritannien, zum anderen werden jeweils 76 Prozent der von TANNER ermittelten Dichte zugrundegelegt (naiver Ansatz), da die Motorisierungsdichte der Stadt Leeds im Jahr 1960 etwa 76 Prozent der Dichte Großbritanniens entsprach. Der Vergleich der Ansätze zeigt schließlich,

<sup>236</sup> Vgl. Kain/Beesley (1964), S. 185–187

dass sowohl die prognostizierten Pkw-Dichten der beiden Modellgleichungen von KAIN/BEESLEY, als auch die des naiven Ansatzes deutlich hinter den Ergebnissen für Großbritannien aus dem kritisierten Report zurückbleiben.<sup>237</sup> Die prognostizierten Werte (vgl. **Tabelle A. 6**) sind in Anhang A dieser Arbeit zu finden.

#### 4.5.4 Die Arbeit von KAIN/BEESLEY (1965)

Ein Jahr später erscheint eine Aktualisierung und Erweiterung der Studie von BEESLEY/KAIN aus dem Vorjahr, in der zunächst ein folgenreicher Fehler korrigiert wird. Die Verwendung einer falschen Einkommensgröße hatte zur Folge, dass der beabsichtigte Wert um etwa 54 Prozent über dem irrtümlich verwendeten liegt. Anschließend werden Veränderungen am vorherigen Modell vorgenommen, wobei die Modellkalibrierung analog erfolgt und einige grundsätzliche Annahmen aus der vorherigen Studie übernommen werden. Eine Änderung betrifft den Verzicht auf zwei unterschiedliche Wechselkursvarianten. Fortan wird ausschließlich die kaufkraftbereinigte Version verwendet. Die Annahme einer konstanten Einkommenswachstumsrate in Höhe von 2,5 Prozent im Vormodell weicht nun drei unterschiedlichen Szenarien mit Wachstumsraten zwischen 1,5 und 2,5 Prozent. Ein Vergleich mit den Annahmen TANNERS offenbart wesentliche Unterschiede in Bezug auf die für Prognosezwecke entscheidende Charakteristik des Kurvenverlaufs der Funktion. Während TANNER einen Rückgang der Einkommenswachstumsrate nach 20 Jahren unterstellt, gehen KAIN/BEESLEY in allen drei Szenarien von einer linearen Abhängigkeit der Pkw-Dichte von Wohndichte und Einkommen sowie einer konstanten Einkommenswachstumsrate aus, die je nach Szenario zwischen (jeweils konstanten) 1,5 und 2,5 Prozent liegt. Von dieser Erkenntnis ausgehend, schätzen KAIN/BEESLEY die nachfolgende Regressionsfunktion, in die die bisher verwendeten Variablen jeweils in Logarithmen eingehen:<sup>238</sup>

$$\log(Y) = 0,642 - 0,2381 \cdot \log(D) + 0,720 \cdot \log(X)$$

**Formel 4.15: Logarithmisch-lineare Funktion von KAIN/BEESLEY (1965)**

<sup>237</sup> Vgl. Kain/Beesley (1964), S. 187–188

<sup>238</sup> Vgl. Kain/Beesley (1965), S. 163–170

$Y$	Pkw-Dichte (Pkw pro 1.000 Einwohner)
$D$	Wohndichte (Bevölkerungszahl pro Quadratmeile)
$X$	Durchschnittliches jährliches Familieneinkommen in US-Dollar

Während das neue log-lineare Modell die Varianz mit 65 gegenüber 68 Prozent nur unwesentlich schlechter erklärt als das ursprüngliche Modell, gelangt es infolge eines stark abweichenden Kurvenverlaufs für das Jahr 2010 zu einem Prognosewert, der nur knapp über 200 Pkw pro 1.000 Einwohner liegt. Damit weicht das Ergebnis erheblich von den 346 Pkw pro 1.000 Einwohnern aus dem Ursprungsmodell ab, was bei den Autoren Skepsis über die tatsächliche Prognostizierbarkeit über einen derart langen Zeitraum von 50 Jahren auf Basis sehr begrenzter Daten und Erfahrungswerte über den historischen Verlauf hervorruft.<sup>239</sup>

#### 4.5.5 Kritische Anmerkungen zu den Arbeiten in Großbritannien

Die nachfolgende **Abbildung 4.11** fasst noch einmal die von KAIN/BEESELEY stark kritisierten Prognosen von TANNER sowie den naiven Ansatz und deren log-lineares Regressionsmodell für alle verschiedenen Wachstumsszenarien vergleichend zusammen. Die Ansätze von KAIN/BEESELEY aus dem Jahr 1964 bleiben ob der enthaltenen und später korrigierten Fehler unberücksichtigt.

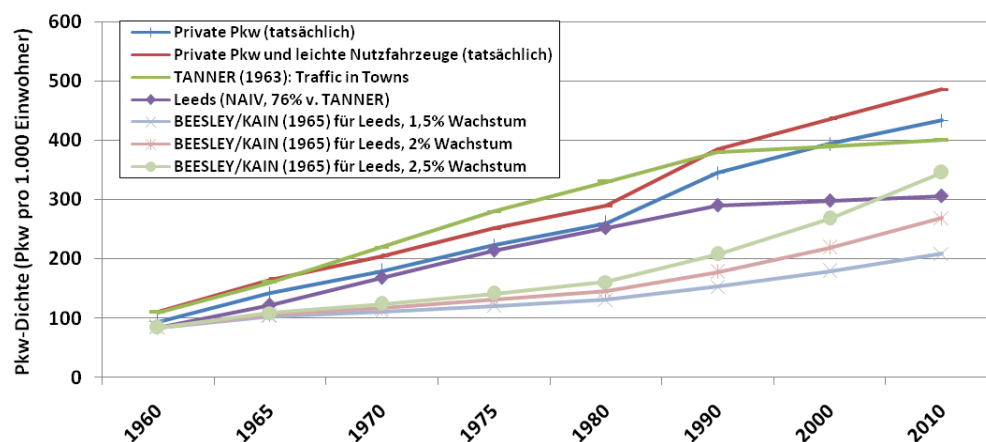


Abbildung 4.11: Vergleich verschiedener Prognosen für Großbritannien und Leeds

(Quelle: Eigene Darstellung)

<sup>239</sup> Vgl. Kain/Beesley (1965), S. 168–171

Es wird deutlich, dass TANNER von einer frühen Sättigung ausging und damit einhergehend mit frühzeitiger rückläufigen Wachstumsraten rechnete. Dies führt zunächst zu einer Überschätzung und mit deutlichem Abklingen der Zuwachsraten zu einer sukzessiven Unterschätzung der tatsächlichen Pkw-Dichte Großbritanniens. Die Annahmen von KAIN/BEESELEY für die Stadt Leeds liegen – selbst unter der Prämisse der höchsten Einkommenswachstumsrate von durchschnittlich 2,5 Prozent bis zum Jahr 2000 – unterhalb der naiven Annahme, die für die Stadt Leeds 76 Prozent der Gesamt-Pkw-Dichte Großbritanniens unterstellt. Insgesamt unterschätzen alle Prognosen die tatsächliche Entwicklung erheblich. Hinzu kommt das modellimmanente Problem eines unendlichen und damit unbeschränkten Wachstums aufgrund der Verwendung einer linearen Regressionsgleichung. Zwar unterstellt auch TANNERs logistische Funktion, infolge eines zu früh angenommenen Wendepunkts, ein verfrühtes Sättigungsverhalten, während die Motorisierung in der Realität noch stark wächst; andererseits ignoriert sie aber nicht grundsätzlich den Gedanken einer existierenden Wachstumsgrenze.

#### **4.6 Die staatenübergreifende Arbeit von ANGELINI (1969)**

Die Untersuchung von ANGELINI (1969) verfolgt das Ziel der Identifikation von Entwicklungstendenzen und der Quantifizierung von Bestimmungsfaktoren auf Basis von Vergangenheitsdaten.<sup>240</sup> Darüber hinaus soll die Anwendbarkeit der Ergebnisse für Prognosezwecke analysiert werden. ANGELINI betont, dass weniger die Quantifizierung der Wirkungszusammenhänge in der Vergangenheit ein Problem darstelle, als vielmehr die Annahme problematisch sein könne, diese Zusammenhänge im Zeitverlauf als konstant anzusehen und sie unverändert auf die Zukunft zu projizieren.<sup>241</sup> Er betrachtet verschiedene Herangehensweisen und gibt ökonometrischen Methoden gegenüber Trendfortschreibungsmethoden stets den Vorzug. Bei der Methode der Trendfortschreibung sieht er die Gefahr, dass komplexe mathematische Modelle entwickelt würden, während die Identifikation ökonometrischer Wirkungszusammenhänge in den Hintergrund geriete.<sup>242</sup> Zudem betont ANGELINI wie wichtig es sei, dass sich verwendete Ist-Daten über alle Pha-

---

<sup>240</sup> Vgl. Angelini (1969), S. 4

<sup>241</sup> Vgl. Angelini (1969), S. 166–167

<sup>242</sup> Vgl. Angelini (1969), S. 135

sen der Bedarfsdeckung erstrecken. Vergangenheitsdaten, deren Beobachtungswerte nur eine oder wenige Phasen der Bedarfsdeckung abbilden, mangle es an Informationsgehalt zur Vorhersage des Sättigungslevels oder einer künftigen Bestandsentwicklung. Eine Übertragbarkeit der für die Vergangenheit gefundenen Zusammenhänge auf die Zukunft sei nicht haltbar, sofern die Erkenntnisse auf abweichenden Entwicklungsphasen basieren. Dies gelte gleichermaßen für Trendfortschreibungsmethoden wie kausalanalytische Methoden. Auch im Fall der Annahme eines nichtlinearen Zusammenhangs sei diese Methode unbefriedigend, weil zwar keine Konstanz der Einflussstärke angenommen werde, deren Veränderung jedoch nach rein mathematischen und nicht nach kausaltheoretischen Kriterien erfolge.<sup>243</sup>

Im Rahmen theoretischer Vorüberlegungen nennt ANGELINI als Bestimmungsfaktoren für eine Prognose der Bedarfsdeckung das Einkommen, die Konsumenten-zahl, den Preis und die Dringlichkeit.<sup>244</sup> Bei der konkreten Anwendung auf die Pkw-Bestandsentwicklung stellt er hingegen fest, dass die Faktoren Preis und Dringlichkeit gegenüber dem Wohlstand und der Konsumenten-zahl eher unbedeutend sind. So kommt er zum Ergebnis, dass die Preisstabilität über die Beobachtungsjahre hinweg hoch und die Dringlichkeit des Pkw-Besitzes je Einkommensklasse vergleichsweise konstant gewesen sei. Demzufolge werden Preis und Dringlichkeit in seine weiteren Untersuchungen nicht direkt einbezogen, sondern neben der Bevölkerungsentwicklung nur das Einkommen berücksichtigt, das als Wohlstand bezeichnet und durch das BSP ausgedrückt wird.<sup>245</sup> Zur Entwicklungsvorhersage eines Untersuchungslandes diskutiert ANGELINI drei Methoden, die er für geeignet hält und anwendet. Diese beziehen sich auf die drei verschiedenen Datenarten, die in Kapitel 2.3.4.1 bereits erwähnt wurden: Zeitreihendaten, Querschnittsdaten und Paneldaten.<sup>246</sup>

Im ersten Fall bilden Zeitreihendaten eines fortgeschritten motorisierten Referenzlandes die Basis, das alle interessierenden Phasen der Bedarfsdeckung bereits durchlaufen hat. So kann die Wirkungsbeziehung zwischen Pro-Kopf-Einkommen

---

<sup>243</sup> Vgl. Angelini (1969), S. 81–83

<sup>244</sup> Vgl. Angelini (1969), S. 65

<sup>245</sup> Vgl. Angelini (1969), S. 94–109

<sup>246</sup> Vgl. Angelini (1969), S. 125–138

und Pkw-Dichte aus den Daten der USA ermittelt werden. Zwischen Untersuchungsland und Referenzland wird für einen gewissen Bereich eine Analogie unterstellt, wodurch die Auswirkungen eines prognostizierten Einkommensanstiegs auf den Bestand abschätzbar sind. Die einfache und dynamische internationale Querschnittsanalyse basieren auf ähnlichen Analogieschlüssen wie die Referenzlandbetrachtung. Es wird ein in allen Ländern ähnlicher Zusammenhang zwischen Einkommen (Wohlstand) und Bestandsentwicklung (Bedarfsdeckung) vorausgesetzt. Im ersten Fall liegen Querschnittsdaten vor, also Daten verschiedener Länder, die ein möglichst breites Einkommens- und Dichtespektrum aufweisen, wobei nur ein Jahr betrachtet wird. Ein Vorteil der Ein-Jahres-Betrachtung ist, dass keine langen Zeitreihen für die Referenzländer vorliegen müssen, ein Nachteil ist aber die bestehende Gefahr einer zu starken Gewichtung von Extremwerten. Somit ermöglicht die einfache internationale Querschnittsanalyse nur grobe Abschätzungen.<sup>247</sup>

Eben gerade dieses Problem soll die dynamische internationale Querschnittsanalyse als Mischung aus Referenzlandbetrachtung und einfacher internationaler Querschnittsanalyse beheben. Anstelle nur eines Zeitpunktes gehen hier für jedes Land Daten mehrerer Betrachtungszeitpunkte ein. Neben einer guten Visualisierung von Ähnlichkeiten und Unterschieden zwischen Staaten, der Betrachtung eines breiten Einkommensspektrums sowie der Kompensation einzelner Extremwerte und der möglichen Verwendung aktuellerer Daten anstelle teilweise sehr lang zurückliegender Zeitreihen, sieht ANGELINI eine wachsende Bedeutung dieser Methode.<sup>248</sup>

Das Prognosevorgehen unterscheidet sich nicht zwischen Referenzlanduntersuchung und Querschnittsanalyse. Als durchschnittliche Elastizität eines Untersuchungslandes zwischen dem Ausgangseinkommen und dem prognostizierten zukünftigen Einkommen wird diejenige Elastizität verwendet, die als Wirkungsbeziehung aus den entsprechenden Referenzlanddaten gewonnen wurde. Mit Hilfe dieser Elastizität wird der von der Einkommensänderung des Untersuchungslandes hervorgerufene Pkw-Dichtezuwachs zur Ausgangs-Dichte hinzuaddiert. Es werden also abschnittsweise mittlere Elastizitäten aus dem Referenzzusammenhang zwi-

---

<sup>247</sup> Vgl. Angelini (1969), S. 125–136

<sup>248</sup> Vgl. Angelini (1969), S. 136–138

schen Einkommen und Pkw-Dichte auf das Untersuchungsland angewendet.<sup>249</sup> ANGELINI stellt in einem Diagramm die Pkw-Dichte-Entwicklung über dem BSP pro Kopf verschiedener Länder dar und ergänzt den entstehenden S-Kurven-Zusammenhang durch ein sogenanntes Entwicklungsband, einen Korridor um einen gedachten idealtypischen Verlauf, innerhalb dessen die meisten Länderzeitreihen liegen. Damit kommt er LEWANDOWSKI zuvor, der eine ähnliche Darstellung später als internationalen Motorisierungskanal bezeichnet. Darüber hinaus teilt ANGELINI den Kurvenverlauf in drei Phasen ein, die jeweils verschiedene mittlere Elastizitäten aufweisen.<sup>250</sup>

Als Ursache für eine Streuung um den idealtypischen S-Kurven-Verlauf identifiziert ANGELINI drei Problemquellen. Die erste resultiert aus der statistischen Erfassung, die etwa ungenau, oder länderspezifisch nach verschiedenen Kriterien erfolgen könne. Die zweite bezieht sich auf Defizite in der Berücksichtigung vorab getroffener Annahmen, die etwa auf Datenmangel zurückzuführen sein könnten. Die dritte betrifft eine mögliche Diskrepanz zwischen getroffenen Annahmen und der Realität. ANGELINI führt in diesem Zusammenhang die durch ihn nicht untersuchte, aber möglicherweise ausschlaggebende unterschiedliche Einkommensverteilung innerhalb von Ländern an.<sup>251</sup>

---

<sup>249</sup> Vgl. Angelini (1969), S. 165–167

<sup>250</sup> Vgl. Angelini (1969), S. 138–140

<sup>251</sup> Vgl. Angelini (1969), S. 141–145



## 5 Arbeiten zum Pkw-Bestandswachstum in den Emerging Marktes

### 5.1 Arbeiten unter Verwendung von Wachstumsmodellen

Im weiteren Verlauf wird insbesondere auf folgende vier Arbeiten eingegangen: die Forschungsarbeit von BUTTON/NGOE/HINE von 1993, die Studie von DARGAY/GATELY aus dem Jahr 1999, eine Erweiterung derselben durch DARGAY/GATELY/SOMMER im Jahr 2007 und eine Forschungsarbeit aus dem Jahr 2012 von HUO/WANG.

#### 5.1.1 Die Arbeit von BUTTON/NGOE/HINE (1993)

Ausgangspunkt für die Untersuchung von BUTTON/NGOE/HINE (1993) ist die Bemängelung einiger Schwachstellen in früheren Arbeiten zu Entwicklungsländern. Zum einen sei das Ergebnis oftmals nur eine grobe Abschätzung konstanter Wachstumsraten. Zum anderen seien Studien auf Makro-Level-Ebene mit Fokus auf Entwicklungsländer begrenzt und darüber hinaus seien bisher erschienene aggregierte Arbeiten durch vergleichsweise einfache Modellannahmen und eine geringe Anzahl untersuchter Länder gekennzeichnet. Weiterhin werde die langfristige Sigmoid-Gestalt der Pkw-Dichte ignoriert und als vorherrschende Methode fast ausschließlich lineare, semi-log-lineare oder log-lineare Regression verwendet. Gleichzeitig würden sich Ansätze mitunter auf eine Vielzahl von Erklärungsvariablen stützen, die aber selbst schwer zu prognostizieren seien. Dieser Umstand führe bei Zukunftsprognosen auf Basis dieser Erklärungsfunktionen zum Scheitern.<sup>252</sup>

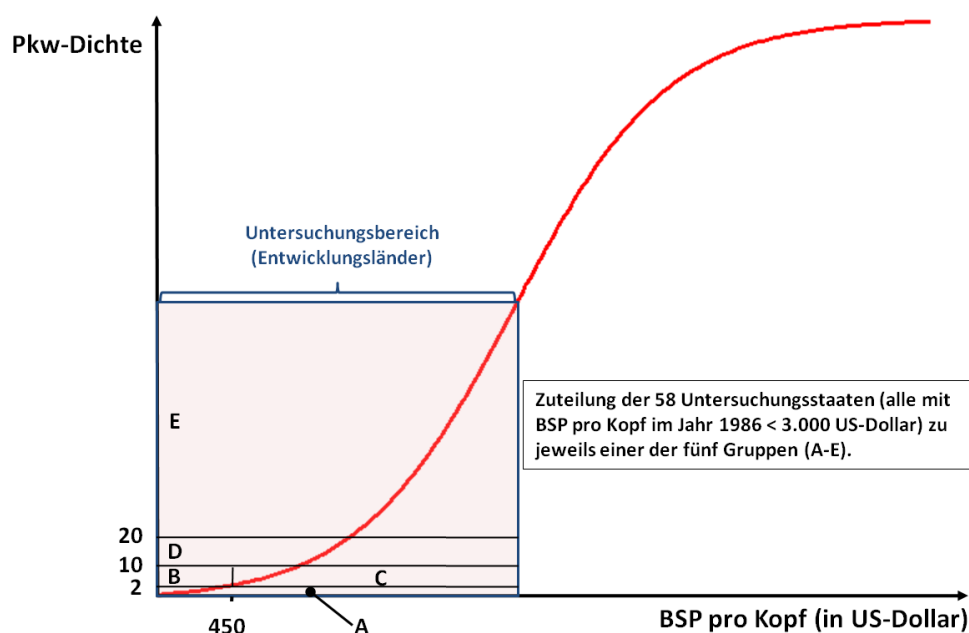
BUTTON/NGOE/HINE bedienen sich parallel einer quasi-logistischen und einer log-linearen Funktion. Sie wählen 58 Staaten aus, deren Qualifikationskriterium ein Bruttosozialprodukt pro Kopf (hier angegeben als GNP<sup>253</sup> pro Kopf) im Jahr 1986 unterhalb von 3.000 US-Dollar ist. Jedes dieser Länder wird in Abhängigkeit seiner

---

<sup>252</sup> Vgl. Button/Ngoe/Hine (1993), S. 52–53

<sup>253</sup> GNP: Gross National Product (Bruttosozialprodukt)

Pkw-Dichte und seines Pro-Kopf-BSPs einer von fünf Gruppen zugeordnet. Für jede Gruppe wird der funktionale Zusammenhang zwischen BSP pro Kopf und Pkw-Dichte geschätzt. Das langfristige (vorab festzulegende) Sättigungslevel übernimmt hier lediglich die Form eines statistisch notwendigen Parameters ohne weitere Interpretation. Für die fünf Länderklassen ergeben sich Werte zwischen 0,3 und 0,45, also 300-450 Pkw pro 1.000 Einwohner. Da log-lineare Funktionen in Ermangelung eines Sättigungslevels konstante Einkommenselastizitäten über alle Einkommenslevel hinweg bedeuten, sind diese linearen Annahmen und eine unterstellte Konstanz der Elastizität nur für kurze Betrachtungszeiträume ausreichend. Für längerfristige Prognosen ist die Reagibilität auf Einkommensänderungen aber sehr wohl von Bedeutung, weswegen ein aufwendigeres Modell, das langfristig das Erreichen eines Sättigungslevels vorsieht, zweckmäßiger ist. Daher geben BUTTON/NGOE/HINE der quasi-logistischen Funktion den Vorzug gegenüber der log-linearen.<sup>254</sup> Die nachfolgende **Abbildung 5.1** skizziert den Untersuchungsgegenstand der Studie.



**Abbildung 5.1: Skizzierter Untersuchungsfokus von BUTTON/NGOE/HINE**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Die Autoren kommen zum Ergebnis, dass die Pkw-Dichte in sehr niedrigen Einkommensregionen stagniert oder fällt. Dies liegt nicht zuletzt an stark wachsenden

<sup>254</sup> Vgl. Button/Ngoe/Hine (1993), S. 54–59

Bevölkerungszahlen, hinter denen das Pkw-Bestandswachstum zurückbleibt, wohingegen die Pkw-Dichte in höheren Einkommensregionen der in Industriestaaten beobachteten klassischen Sigmoid-Gestalt folgt. Darüber hinaus sei bei steigendem Wohlstand ein schneller Zuwachs an Pkw-Bestand und -Nutzung unumgänglich.<sup>255</sup>

### 5.1.2 Die Arbeit von DARGAY/GATELY (1999)

DARGAY/GATELY (1999) sehen einen Mispstand vorheriger Arbeiten darin, dass diese oftmals nur einzelne Länder, Ländergruppen oder Regionen fokussierten. Beispielhaft wird hier etwa die in Kapitel 5.1.1 vorgestellte Untersuchung von BUTTON/NGOE/HINE (1993) angeführt. Als eine Besonderheit ihrer eigenen Arbeit heben sie hervor, dass es die erste in diesem Bereich sei, die Länder über das gesamte Einkommensspektrum hinweg berücksichtigt.<sup>256</sup>

DARGAY/GATELY betrachten sowohl den Pkw-, als auch den Fahrzeugbestand von insgesamt 26 Ländern, worunter sich neben 20 OECD<sup>257</sup>-Staaten folgende sechs Entwicklungsländer befinden: China, Indien, Pakistan, Taiwan, Südkorea und Israel. Die Studie basiert auf Zeitreihendaten zwischen 1960 und 1992. Einzige Erklärungsvariable für die jeweilige Dichte ist das Pro-Kopf-Einkommen in Form des Pro-Kopf-GDPs. Weitere mögliche Eingangsgrößen, wie etwa geographische oder demographische Einflüsse, bleiben im Modell von DARGAY/GATELY unberücksichtigt und werden lediglich ergänzend diskutiert.<sup>258</sup> Der langfristige Zusammenhang zwischen Pro-Kopf-Einkommen und jeweiliger Dichte wird als S-Kurve angenommen. Zunächst werden verschiedene Funktionen erwogen, darunter die logistische, logarithmisch-logistische, kumulativ-normale und die GOMPERTZ-Funktion. Nach Experimenten mit unterschiedlichen Funktionstypen fällt die Wahl auf die GOMPERTZ-Funktion, da diese gegenüber der logistischen Funktion eine Asymmetrie zum Wendepunkt und damit unterschiedliche Kurvenkrümmungen in Abhängigkeit des Einkommensniveaus erlaubt. Als weitere Besonderheit erweitern DARGAY/GATELY den klassischen Zusammenhang durch Berücksichtigung ei-

---

<sup>255</sup> Vgl. Button/Ngoe/Hine (1993), S. 65

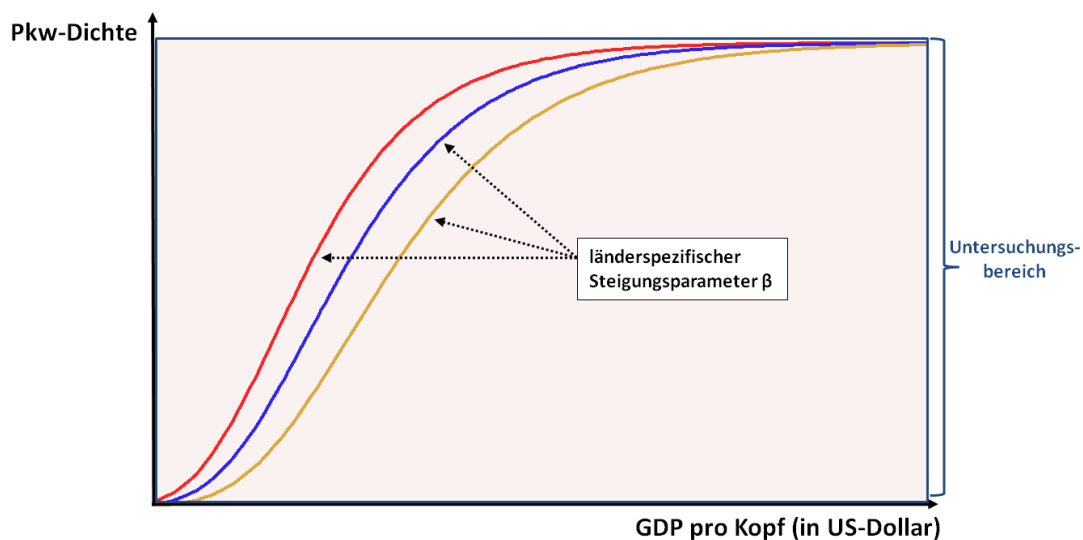
<sup>256</sup> Vgl. Dargay/Gately (1999), S. 101–102

<sup>257</sup> OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)

<sup>258</sup> Vgl. Dargay/Gately (1999), S. 101–102

ner möglichen Anpassungsverzögerung zwischen einer Einkommenssteigerung und der Reaktion in Form eines Pkw-Dichte-Wachstums durch Anschaffung zusätzlicher Pkw.<sup>259</sup>

Während das langfristige Sättigungsniveau und sonstige Parameter für alle untersuchten Länder einheitlich angenommen werden, entsteht für jedes untersuchte Land eine eigene Kurve durch länderspezifisch individuelle Schätzung des Steigungsparameters  $\beta_i$ . Wie in Kapitel 3.2.3 in Bezug auf die GOMPERTZ-Funktion gezeigt wurde, steigt die Steigungsfunktion steiler, je größer der Betrag des Parameters  $\beta_i$  ist. Demzufolge benötigt ein Land mit betragsgrößerem  $\beta_i$  weniger Einkommen zum Erreichen desselben Dichte-Levels, als eines mit kleinerem  $\beta_i$  und erreicht ein gegebenes Sättigungsniveau somit früher. Auf diese Weise bestimmt der Parameter  $\beta_i$  dasjenige Einkommenslevel, bei dem eine Sättigung eintritt.<sup>260</sup> Die nachfolgende **Abbildung 5.2** skizziert den Untersuchungsfokus der Arbeit von DARGAY/GATELY aus dem Jahr 1999.



**Abbildung 5.2: Skizzierter Untersuchungsfokus von DARGAY/GATELY**

(Quelle: Eigene Darstellung)

<sup>259</sup> Vgl. Dargay/Gately (1999), S. 110

<sup>260</sup> Vgl. Dargay/Gately (1999), S. 112–115

### 5.1.3 Die Arbeit von DARGAY/GATELY/SOMMER (2007)

Acht Jahre später veröffentlichen DARGAY/GATELY/SOMMER mit ihrer Arbeit ‚*Vehicle Ownership and Income Growth, Worldwide 1960-2030*‘ eine Erweiterung ihres Modells aus dem Jahr 1999. Die vormals 26 Länder werden durch 19 weitere auf 45 erweitert. Zudem werden die Zeitreihen um zehn Jahre verlängert und reichen nun von 1962 bis zum Jahr 2002.<sup>261</sup>

Eine wesentliche Änderung betrifft den Umgang mit dem Sättigungslevel. Galt im vorherigen Modell noch ein für alle Staaten einheitliches Sättigungsniveau, das bedingt durch den länderspezifischen  $\beta_i$ -Parameter jedoch von verschiedenen Nationen bei jeweils unterschiedlichem Einkommen erreicht wurde, erhält jedes Land im Modell aus dem Jahr 2007 ein individuelles Sättigungslevel. Dieses wird nun auf Länderebene separat auf Basis von Urbanisierungsgrad und Bevölkerungsdichte ermittelt. Eine weitere Modifikation wird in Bezug auf die Anpassung der Pkw-Dichte an Einkommensveränderungen vorgenommen. Während im ursprünglichen Modell eine beidseitige Symmetrie zwischen Einkommensveränderung und Pkw-Dichte-Änderung bestand und somit ein Einkommensrückgang die Pkw-Dichte in gleicher Stärke senkte wie eine vorherige Erhöhung sie anhob, wird nun ein sofortiger symmetrischer Wiederrückgang des Pkw-Bestands bei kurzfristig einbrechendem Pro-Kopf-GDP verhindert.<sup>262</sup>

### 5.1.4 Die Arbeit von HUO/WANG (2012)

Eine etwas andere Zielsetzung verfolgt die Arbeit von HUO/WANG (2012). Diese soll Prognosen gleich mehrerer Größen simultan ermöglichen, nämlich der zukünftigen Entwicklung der Neuzulassungen und des Bestandes bis zum Jahr 2050. Gegenüber den im Vorigen vorgestellten Studien wird hier allerdings ausschließlich der chinesische Ländermarkt betrachtet.<sup>263</sup>

---

<sup>261</sup> Vgl. Dargay/Gately/Sommer (2007), S. 143–145

<sup>262</sup> Vgl. Dargay/Gately/Sommer (2007), S. 150–154

<sup>263</sup> Vgl. Huo/Wang (2012), S. 17

An einigen vorherigen Modellen kritisieren HUO/WANG die mangelnde Berücksichtigung der Kaufkraft, der im reinen Pro-Kopf-GDP nicht ausreichend Rechnung getragen werde. Die Kaufkraftänderung habe aber für China eine besondere Bedeutung, da die Preise für vergleichbare Fahrzeuge nach dem WTO<sup>264</sup>-Beitritt von Jahr zu Jahr deutlich gesunken seien. Diesem Umstand soll mit einem Fahrzeugpreis-Index-Wert, dem sogenannten VPI<sup>265</sup> Rechnung getragen werden. Dieser drückt das relative Preisniveau eines durchschnittlichen Pkw im jeweiligen Betrachtungsjahr im Verhältnis zum Basisjahr 2004 aus, für das der Wert eins angenommen wird.<sup>266</sup>

Zudem betonen HUO/WANG die Bedeutung der a priori angenommen Höhe des Sättigungslevels und deren Auswirkung auf das Ergebnis. Aus diesem Grund bilden sie zwei Szenarien: ein Sättigungslevel von 400 Pkw pro 1.000 Einwohner für langsames und eines von 500 Pkw pro 1.000 Einwohner für schnelleres Wachstum. Da es in China verbindliche Regelungen zur alters- und leistungsfähigkeitsabhängigen Zwangsverschrottung von Pkw gibt, in anderen Ländern in solcher Form wiederum nicht, werden unterschiedliche Szenarien für diverse mögliche Verschrottungsmuster gebildet. Als Funktion werden drei Varianten getestet: eine logistische Funktion, eine RICHARDS-Funktion und eine GOMPERTZ-Funktion. Die Entscheidung fällt schließlich auf die GOMPERTZ-Funktion, da sie unter den gegebenen Voraussetzungen am besten zu den vorliegenden Daten passt.<sup>267</sup>

HUO/WANG kommen zum Ergebnis, dass Chinas private LDV<sup>268</sup>-Verkäufe in Abhängigkeit des Wachstumsszenarios im Jahr 2050 zwischen 23 und 34 bzw. 29 und 42 Millionen liegen werden. Zudem werde das Verschrottungsszenario über das Ausmaß des Absatzes entscheiden und damit verbunden über den Profit der Automobilindustrie. Für das Jahr 2030 wird ein Ersatzbeschaffungsanteil erwartet, der erstmalig den Erweiterungsbeschaffungsanteil übertrifft und somit den Beginn der Reifephase kennzeichnet. Selbst für das Jahr 2050 wird jedoch noch ein Erweiterungsbeschaffungsanteil zwischen 16 und 28 Prozent erwartet, der gegenüber einem

---

<sup>264</sup> WTO: World Trade Organization (Welthandelsorganisation)

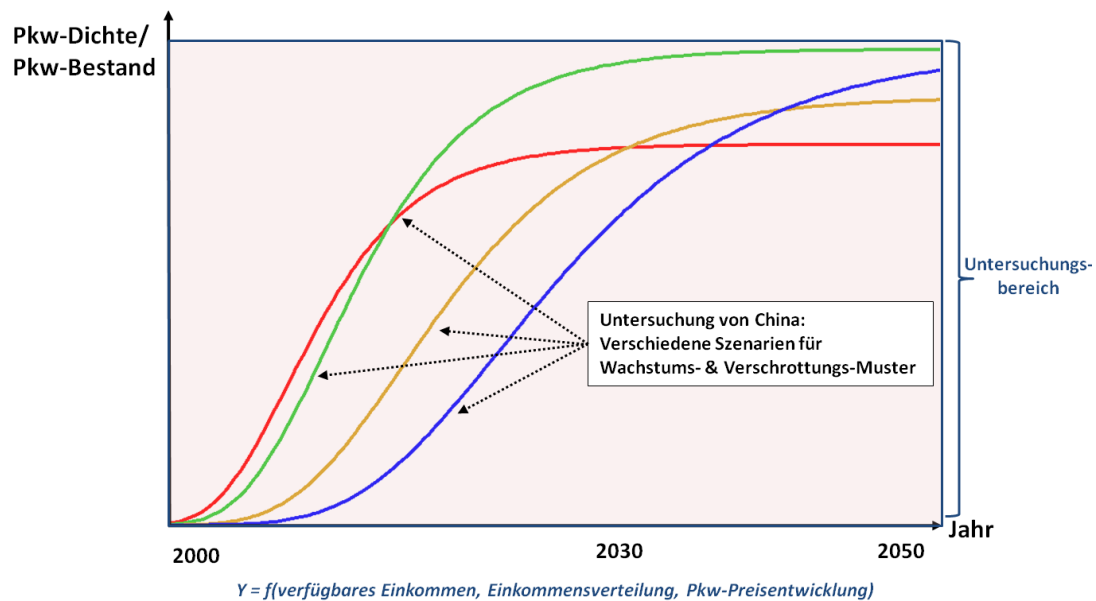
<sup>265</sup> VPI: Vehicle Price Index (Fahrzeugpreisindex)

<sup>266</sup> Vgl. Huo/Wang (2012), S. 19–20

<sup>267</sup> Vgl. Huo/Wang (2012), S. 21–25

<sup>268</sup> LDV: Light Duty Vehicle (leichtes Nutzfahrzeug)

Anteil von weniger als einem Prozent in reifen Märkten wie den USA zeigt, dass Chinas Bestandswachstum auch 2050 noch nicht stagnieren wird. Für den Gesamtfahrzeugbestand werden zwischen 530 und 623 Millionen Einheiten im Jahr 2050 prognostiziert.<sup>269</sup> Die nachfolgende **Abbildung 5.3** skizziert den Untersuchungsfokus der Studie von HUO/WANG.



**Abbildung 5.3: Skizzierter Untersuchungsfokus von HUO/WANG**

(Quelle: Eigene Darstellung)

## 5.2 Alternative Ansätze zu Emerging Markets

Im Folgenden wird auf zwei Arbeiten eingegangen, die das Fahrzeugwachstum in Emerging Markets ebenfalls auf hoher Aggregationsebene fokussieren, dabei aber durch Verwendung alternativer Methoden vom klassischen Wachstumsmodellansatz abweichen. Dies sind zum einen die Arbeit von CHAMON/MAURO/OKAWA (2008) und zum anderen jene von WANG/TETER/SPERLING (2011).

<sup>269</sup> Vgl. Huo/Wang (2012), S. 24–26

### 5.2.1 Die Arbeit von CHAMON/MAURO/OKAWA (2008)

Die Untersuchung von CHAMON/MAURO/OKAWA (2008) stützt sich auf 3.255 Beobachtungsdaten aus 122 Ländern im Zeitraum zwischen 1963 und 2003 und übertrifft damit die Studie von DARGAY/GATELY/SOMMER aus dem Jahr 2007 hinsichtlich des Dateneinsatzes.<sup>270</sup> Gegenüber vorherigen Studien, deren Inhalt das Auffinden eines funktionalen Zusammenhangs zwischen Einkommensgröße und Pkw-Bestand war, ist hier die Grundidee die Identifikation eines Schwellenwertes für das Einkommen, ab dem ein Haushalt in der Lage ist, einen Pkw anzuschaffen. CHAMON/MAURO/OKAWA betonen, dass ihre Studie die erste sei, die den Pkw-Bestand aus Haushaltslevel-Daten für China und Indien prognostiziert.<sup>271</sup>

In Ermangelung disaggregierter Daten wird vereinfachend auf die Berücksichtigung unterschiedlicher Präferenzen verzichtet, also davon ausgegangen, dass weder zugunsten eines Pkw auf andere Güter verzichtet wird, noch ein Pkw-Kauf ausgeschlossen wird, obwohl die notwendige Einkommensschwelle hierfür erreicht ist. Um zu erfassen, welcher Anteil der Haushalte eines Betrachtungslandes diesen theoretischen Schwellenwert erzielt bzw. überschreitet, ist die tatsächliche Einkommensverteilung von wesentlicher Bedeutung. Hierzu wird eine Log-Normal-Verteilung des Einkommens unterstellt, deren Mittelwert durch das GDP gegeben ist und deren Varianz auf dem GINI-Koeffizienten basiert.<sup>272</sup>

CHAMON/MAURO/OKAWA ermitteln den Schwellenwert bei einem GDP von 5.000 US-Dollar. Der Einkommens-Schwellen-Ansatz liefert eine S-Kurve für den Zusammenhang zwischen Pkw-Dichte und Einkommen. Die Autoren kommen zum Ergebnis, dass die Pkw-Dichte nicht nur mit wachsendem Einkommen steigt, sondern dass darüber hinaus eine höhere Unordnung in der Einkommensverteilung die Pkw-Dichte bei niedrigen Einkommenslevels erhöht und sie bei höheren Einkommenslevels senkt. In niedrigen Einkommenslevels ist der Pkw-Bestand in Staaten mit sehr ungleicher Einkommensverteilung folglich größer. Mit wachsendem Einkommen aber steigt die Besitzrate in Ländern mit ausgeglichenerer Einkommens-

---

<sup>270</sup> Vgl. Chamon/Mauro/Okawa (2008), S. 244–296

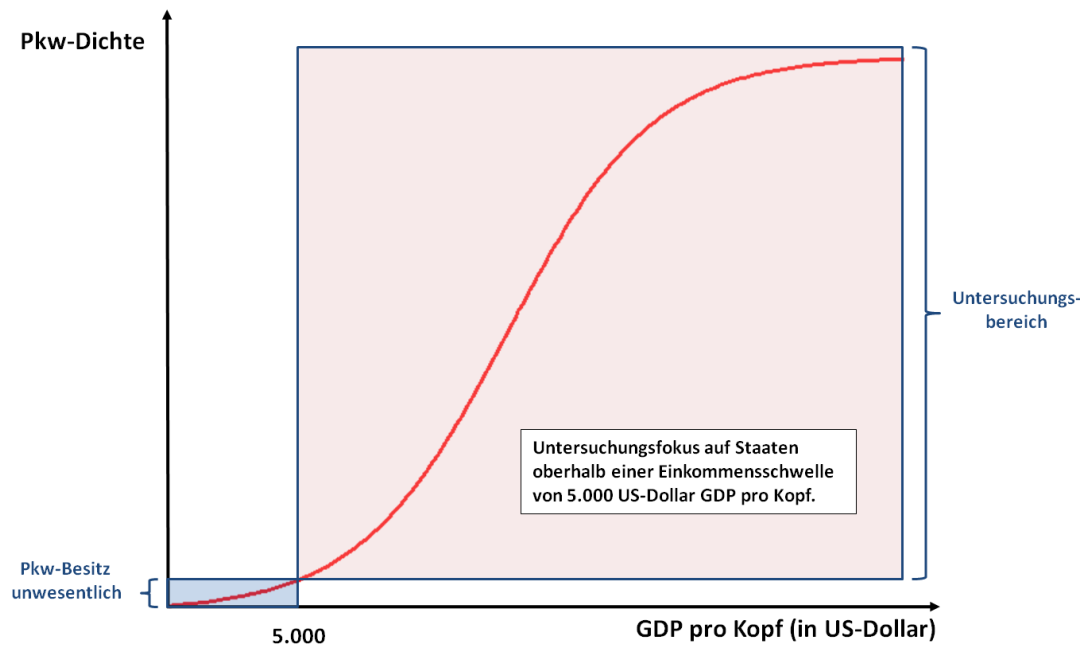
<sup>271</sup> Vgl. Chamon/Mauro/Okawa (2008), S. 249

<sup>272</sup> Vgl. Chamon/Mauro/Okawa (2008), S. 253–254



verteilung, was zur Folge hat, dass Sättigungslevels dort früher erreicht werden.<sup>273</sup>

Die nachfolgende **Abbildung 5.4** stellt den Fokus der Untersuchung dar.



**Abbildung 5.4: Skizzierter Untersuchungsfokus von CHAMON/MAURO/OKAWA**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Für Indien prognostizieren CHAMON/MAURO/OKAWA, dass elf Prozent der Haushalte im Jahr 2030 einen Pkw besitzen werden und 2050 sogar 34 Prozent. Hierbei wird ein 5,2-prozentiges Einkommenswachstum von zwischen 2030 und 2050 unterstellt. Für China wird erwartet, dass es 2030 die USA in der Größe der Pkw-Flotte überholt. Bezogen auf den Weltmarkt wird ein Wachstum des Pkw-Bestands von 600 Millionen im Jahr 2005 auf 2,9 Milliarden im Jahr 2050 prognostiziert. Ein bedeutender Anteil daran wird dem erwarteten Boom in China und um eine oder zwei Dekaden versetzt in Indien zugeschrieben.<sup>274</sup> CHAMON/MAURO/OKAWA konstatieren, dass einige der Emerging Markets in diejenige Entwicklungsphase eintreten werden, die von einem starken Anstieg des Pkw-Bestands gekennzeichnet ist. Unter diesen befinden sich vor allem einige der bevölkerungsreichsten Länder der Erde.<sup>275</sup>

<sup>273</sup> Vgl. Chamon/Mauro/Okawa (2008), S. 254–258

<sup>274</sup> Vgl. Chamon/Mauro/Okawa (2008), S. 270–271

<sup>275</sup> Vgl. Chamon/Mauro/Okawa (2008), S. 285–286

### 5.2.2 Die Arbeit von WANG/TETER/SPERLING (2011)

WANG/TETER/SPERLING (2011) fokussieren in ihrer Untersuchung das Wachstum des chinesischen Fahrzeugbestands. Sie vertreten die Auffassung, dass das Wachstum Chinas in einigen der bisherigen Forschungsarbeiten infolge der Verwendung ungeeigneter Modelle unterschätzt werde. Beispielhaft führen sie die Studien von DARGAY/GATELY (2007) und CHAMON/MAURO/OKAWA (2008) an, deren Schätzungen sich auf lange Zeitreihen einer Vielzahl von Ländern stützen. Hierin sehen WANG/TETER/SPERLING einige markante modellbedingte Schwachstellen – gerade vor dem Hintergrund, dass daraus eine Prognose für einen Wachstumsmarkt wie China abgeleitet werden soll.<sup>276</sup>

Den oftmals ermittelten Zusammenhang zwischen Einkommen und Fahrzeugbestand sehen WANG/TETER/SPERLING aufgrund von Zweifeln an der Verlässlichkeit der Daten aus chinesischer Quelle kritisch. Es bestehe die Gefahr einer systematisch zu konservativen Schätzung, um die Erwartungen in jedem Fall erfüllen zu können. Weitere Hindernisse entstünden durch widersprüchliche Angaben aus verschiedenen Quellen und die unterschiedlichen Erfassungsarten (PPP<sup>277</sup> oder auf Basis nomineller Wechselkurse), deren Werte weit auseinander lägen. Die weiteren Probleme sind ebenfalls allesamt methodenimmanent. Hauptkritikpunkt ist der Analogieschluss unter Verwendung strukturverschiedener Länder zu Zeiträumen unter Auslassung von deren Blütezeit. So stütze sich das prognostizierte Wachstum Chinas auch auf kleinere Staaten ohne eigene Fahrzeugproduktion. Darüber hinaus sei zu Beginn der Beobachtungswerte in den am ehesten vergleichbaren Industriestaaten die Haupt-Wachstumsphase bereits vorüber gewesen, da frühere Zeitreihen schlecht verfügbar seien. All dies führe zu einer Unterschätzung des Sättigungsniveaus und der für China vorhergesagten Wachstumsraten. Zudem würden Prognosen konservativ ausfallen, da das Ausmaß des Fahrzeugwachstums und die Konsequenz für China und die Welt ohnehin schwer vorstellbar sei – trotz ähnlich schnellen Wachstums anderenorts (etwa in den USA) in der Vergangenheit.<sup>278</sup>

---

<sup>276</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3296–3300

<sup>277</sup> PPP: Purchasing Power Parity (Kaufkraftparität)

<sup>278</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3297–3305

Aufgrund der angeführten Kritikpunkte beschränken sich die Autoren auf sieben Länder mit jeweils mehr als 40 Millionen Einwohnern, die zu den weltweit größten Pkw-Produzenten gehören. Als Eingangsdaten dienen je Land verschiedene, sehr frühe Zeitabschnitte, um sicherzustellen, dass die Anfangsstadien der Motorisierungsentwicklung erfasst werden. Gestützt wird diese Herangehensweise auf die Ansicht, dass nur zu diesen Staaten in jener Entwicklungsphase echte Analogien zur gegenwärtigen Situation Chinas existieren.<sup>279</sup> Die einbezogenen Zeiträume und Elastizitäten der berücksichtigten Länder sind in der folgenden **Tabelle 5.1** aufgeführt. Eine ausführlichere Tabelle mit zusätzlichen Wachstumsraten (vgl. **Tabelle A. 8**) befindet sich in Anhang A dieser Arbeit.

Land	Periode	Elastizität zwischen Fahrzeugen pro Kopf und GDP pro Kopf
Japan	1964-1979	2,35
Südkorea	1988-2003	2,6
USA	1916-1931	11,84
Deutschland	1954-1969	2,12
Italien	1959-1974	2,7
Spanien	1966-1981	3,99
Brasilien	1973-1988	2,12

**Tabelle 5.1: Übersicht der Länder, Zeitabschnitte und Wachstumsraten**

(Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3305)

Die aggregierte Elastizität der sieben Länder ergibt 3,96. Unter Ausschluss der USA, deren Elastizität sich von den übrigen außerordentlich abhebt, ist der Wert mit 2,65 immer noch hoch.<sup>280</sup> WANG/TETER/SPERLING ermitteln darüber hinaus die von einem Land jeweils benötigte Zeit, um von einem Niveau von ca. 37,5 (der Ausgangs-Fahrzeugdichte Chinas im Jahr 2008) auf etwa 300 Fahrzeuge pro 1.000 Einwohner zu gelangen. Hieraus wird die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate in der benötigten Zeitspanne errechnet. Dadurch ist gewährleistet, dass frühe Entwicklungsstadien inzwischen reifer Märkte (vor allem die 1950iger und 1960iger Jahre) berücksichtigt werden. Bis auf zwei Ausnahmen wurde die Entwicklung von 37,5 auf 300 Fahrzeuge pro 1.000 Einwohner mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von mindestens zehn Prozent vollzogen. Eine

<sup>279</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3296–3300

<sup>280</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3305

Ausnahme bilden die USA, deren Wachstumsblütezeit durch den zweiten Weltkrieg unterbrochen wurde und Brasilien, das unter einer Fahrzeugdichte von 150 Fahrzeugen pro 1.000 Einwohner zurückblieb.<sup>281</sup>

Die Fahrzeugdichte der zu China ähnlichen Nachbarn Japan und Südkorea wuchs über einen Zeitraum von 14 Jahren mit durchschnittlich 16,8 Prozent. Eine unterstellte Analogie und Annahme desselben Wachstums für China würde zu einem Fahrzeugbestand von 419 Millionen im Jahr 2022 führen. Wird demgegenüber die durchschnittliche Wachstumsrate der sieben Referenzländer in Höhe von 13,3 Prozent auf China übertragen, ergäbe sich nach 16 Jahren ein etwas niedrigerer Wert von 250 Fahrzeugen pro 1.000 Einwohner bzw. ein absoluter Fahrzeugbestand von 358 Millionen für das Jahr 2024. Auf den Fahrzeugbestand anstelle des Pkw-Bestands greifen die Autoren aufgrund häufiger Erfassungssinkonsistenzen in China zurück. Dieses geringere Wachstum wird zu großen Teilen durch das etwas schleppende Wachstum Brasiliens verursacht. Dennoch liegt es immer noch deutlich über den sechs bis elf Prozent, die andere Prognosen für China in ähnlichen Zeiträumen voraussagen. WANG/TETER/SPERLING halten diese geringen Schätzungen anderer Studien nur im Falle kollabierender Wirtschaft oder künstlicher Beschränkung des Bestandswachstums seitens der chinesischen Regierung für realistisch.<sup>282</sup>

### 5.3 Synthese

Bei allen jüngeren Ansätzen, in denen Wachstumsfunktionen zum Einsatz kommen, wird nichtlinearen Funktionen der Vorzug gegeben. Mit dieser Annahme nichtlinearen Motorisierungswachstums wird sowohl der langfristigen Sättigungseigenschaft Rechnung getragen, als auch den in Abhängigkeit des Einkommenslevels veränderlichen Wachstumsraten. Besonders häufig wird in jüngeren Arbeiten – ob der Symmetrievorteile – auf die GOMPERTZ-Funktion zurückgegriffen. Auch im einzigen Ansatz, der die RICHARDS-Funktion als eine Alternative erprobt, kann diese trotz ihres zusätzlichen Parameters keinen Nutzenvorteil gegenüber der GOMPERTZ-Funktion generieren.

---

<sup>281</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3296–3300

<sup>282</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3301–3305

Daten zur Motorisierungsentwicklung interessierender Entwicklungsmärkte sind deutlich begrenzt und umfassen bestenfalls ein geringes Einkommensspektrum, über das diese noch nicht herausgekommen sind. Daher wird die Datenbasis zur Untersuchung von Emerging Markets aus Panels gepoolter Zeitreihen von Ländern gebildet, deren Entwicklung inzwischen deutlich weiter fortgeschritten ist. Gleichzeitig wird eine Analogieannahme des Entwicklungsverlaufs getroffen. Bei allen betrachteten Modellen handelt es sich um Wirkungsprognosemodelle, die neben der Zeit mindestens eine explikative Größe beinhalten. Wirkungsmodelle ermöglichen Trendmodellen gegenüber einen einfacheren Analogieschluss zu anderen Ländern und damit die Verwendung einer größeren Datenbasis. Es wird ausnahmslos mindestens eine Art Pro-Kopf-Einkommen berücksichtigt, deren genaue Spezifikation sich jedoch unterscheidet (z. B. Bruttoinlandsprodukt, Bruttonationaleinkommen oder Volkseinkommen). Der in der nachfolgenden **Tabelle 5.2** dargestellte Auszug aus der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung veranschaulicht den Zusammenhang zwischen diesen in der Literatur verwendeten Einkommensgrößen.

<b>Bruttoinlandsprodukt (GDP)</b>
+ aus der übrigen Welt empfangene Primäreinkommen
- in die übrige Welt geleistete Primäreinkommen
<b>= Bruttonationaleinkommen (BSP, GNP, GNI)</b>
- Abschreibungen
- Nettoproduktionsabgaben
<b>= Volkseinkommen (National Income)</b>

**Tabelle 5.2: Auszug aus der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung<sup>283</sup>**

(Quelle: Eigene Darstellung, vgl. Mankiw (2007), S. 28–30)

Auch der Schwellenwert-Ansatz von CHAMON/MAURO/OKAWA geht von langfristiger Sättigung aus und gewinnt zusätzliche Erkenntnisse durch eine Berücksichtigung der Einkommensverteilung. Die Verwendung durchschnittlicher Elastizitäten und Kritik an falschen Analogieschlüssen durch ungeeignete Referenzländer und Referenzzeiträume von WANG/TETER/SPERLING steht in deutlichem Kontrast zu den klassischen Wachstumsmodell-Arbeiten und stellt – allerdings bezogen auf die Anwendung auf den Sonderfall China – deren Verwendung zur Prognose solcher Mega-Märkte grundsätzlich infrage.

<sup>283</sup> GNI: Gross National Income (Bruttosozialprodukt)



## 6 Resümee zu Modellierungsproblemen und Einflussgrößen

Bezogen auf die Verwendung von Wachstumsmodellen zur Langfristprognose treten drei zentrale Probleme in den Vordergrund.

- (1) Die Identifikation der geeigneten Wachstumsfunktion.
- (2) Das Auffinden einer geeigneten Sättigungsannahme.
- (3) Die Berücksichtigung geeigneter Erklärungsgrößen.

Auf jene Probleme und Erkenntnisse zu diesen wird nachfolgend eingegangen. Anschließend wird der Fokus dieser Forschungsarbeit auf Basis dessen hergeleitet.

### 6.1 Verwendete Modelle bzw. Funktionen

In frühen Forschungsarbeiten wurden oftmals lineare Funktionen verwendet, wenngleich – wie das Kapitel 3.2 zeigt – nichtlineare Funktionen bereits lange existierten. Dies könnte aber darin begründet sein, dass die lineare Regression den Vorzug einer analytischen Lösung besitzt, während für die Lösung mittels nichtlinearer Regression auf iterative Lösungsmethoden zurückgegriffen werden muss, die große Rechenkapazitäten erfordern. Während diese heutzutage keinen Engpass mehr darstellen, standen sie in den frühen Entwicklungsphasen von Industriestaaten wie den USA oder Deutschland nicht zur Verfügung. In ersten nichtlinearen Ansätzen kam vor allem die logistische Funktion zum Einsatz, die bei a priori Schätzung eines Parameters (z. B. des Sättigungsniveaus) linearisierbar ist, jedoch infolge ihrer Symmetrieeigenschaft zum Wendepunkt weniger flexibel einsetzbar ist als etwa die GOMPERTZ-Funktion. In jüngeren Forschungsarbeiten mit aggregierten Ansätzen zur Pkw-Dichte-Prognose wird fast ausschließlich auf nichtlineare Funktionen zurückgegriffen, da lineare Funktionen eine Annahme treffen, die sich mit den Erfahrungswerten nicht deckt: ein konstantes und unendliches Wachstum. Unter den nichtlinearen Funktionen wird hauptsächlich die GOMPERTZ-Funktion verwendet. Gelegentlich wird sie neben der logistischen Funktion getestet und diejenige Funk-

tion ausgewählt, die besser zu den vorliegenden Daten passt. Wachstumsfunktionen, die durch einen vierten oder zusätzliche Parameter weitere Flexibilität erhalten, sind selten anzutreffen und führen nicht zwangsläufig zu Vorteilen, die den Zusatzaufwand rechtfertigen würden. Dies wird etwa in der Forschungsarbeit von HUO/WANG (2012) sichtbar, in der die RICHARDS-Funktion trotz zusätzlicher Freiheitsgrade schlechtere Ergebnisse generiert, als die GOMPERTZ-Funktion.<sup>284</sup>

Eine ähnliche Trendwende wie die von linearen zu nichtlinearen Funktionen ist im Zeitverlauf bezüglich des Einsatzes von Trend- und Wirkungsmodellen festzustellen. Ältere Studien konzentrieren sich oftmals auf einen einzelnen Markt und verwenden hierfür Trendmodelle, basierend auf den – häufig kurzen – Zeitreihen des Untersuchungslandes. TANNER verteidigt im Jahr 1966 als Reaktion auf die Kritik von KAIN/BEESELEY seine Verwendung von Trendmodellen in Arbeiten der Jahre 1962 und 1965. Aufgrund von Bedenken gegenüber einer zuverlässigen Prognose der zukünftigen Einkommensentwicklung und der Zeitstabilität des für die Gegenwart ermittelten Wirkungszusammenhangs hat er Vorbehalte gegenüber Wirkungsmodellen mit Berücksichtigung des Einkommens. TANNER zieht daher eine direkte Extrapolation des Trends des Pkw-Besitzes vor und ergänzt diese sowohl durch zusätzliche Effekte, die er in der Zukunft erwartet, als auch durch Analogieschlüsse zu bereits stärker motorisierten Staaten.<sup>285</sup> In jüngeren Modellen hingegen werden häufig Erfahrungswerte aus verschiedenen Ländern genutzt, zwischen denen Analogien unterstellt werden. Diese beziehen sich auf einen gleichartigen Wirkungszusammenhang zwischen mindestens einer Erklärungsgröße (die oftmals irgendeine Form von Einkommen ist) und der Pkw-Dichte. Da gerade für Märkte in sehr frühen Entwicklungsstadien meist nur kurze Zeitreihen existieren, bieten Erfahrungswerte aus bereits höher motorisierten Staaten gute Anhaltspunkte für einen längerfristigen Verlauf. Zu Entwicklungsbeginn vieler Industriestaaten wie etwa Deutschland gab es jedoch kaum Staaten, deren Motorisierung bereits sehr weit vorangeschritten war und somit als Referenz hätte dienen können. Eine Ausnahme bildeten die USA, deren Markt aber häufig Ausnahmecharakter unterstellt wurde und daher nur selten – wie etwa in der Arbeit von LENK (1962) als Maximal-Szenario – als Maßstab herangezogen wurde.

---

<sup>284</sup> Vgl. Huo/Wang (2012), S. 21

<sup>285</sup> Vgl. Tanner (1966), S. 145



## 6.2 Sättigungsproblematik

Bereits in den 1970er Jahren herrschte weitestgehend Einigkeit über den Sinn einer Sättigungsannahme, sofern dieses Thema nicht komplett ausgeklammert wurde.<sup>286</sup> Das grundsätzliche Problem im Fall der Annahme eines Sättigungslevels besteht darin, dass das langfristige Sättigungsniveau im Vorfeld bekannt sein muss, da der hierfür vorab angesetzte Wert die Ergebnisse der Prognose maßgeblich beeinflusst.<sup>287</sup> Zur Bestimmung des Sättigungslevels sind grundsätzlich zwei Herangehensweisen möglich. Bei der autonomen bzw. exogenen Festlegung kann dessen Höhe durch Analogieschluss oder subjektive Beurteilung abgeschätzt werden. Andernfalls kann eine endogene Ermittlung in Form einer Schätzung aus den vorliegenden Zeitreihendaten erfolgen. Beide Verfahren sind jedoch nicht frei von Schwachstellen.<sup>288</sup>

Zur endogenen Bestimmung gibt es zum Beispiel die Methoden von HOTELLING, TINTNER, FRIEDMAN und SIEBKE.<sup>289</sup> Auf das Verfahren von TINTNER greift etwa KOHLHAUSER im Rahmen einer Studie für Österreich im Jahr 1965 zurück.<sup>290</sup> In Studien, die sich in der Vergangenheit solcher Verfahren bedienten, zeigte sich, dass die vorliegenden Zeitreihenwerte nur unzureichenden Informationsgehalt für eine verlässliche Abschätzung besaßen – wie etwa bei SIEBKE.<sup>291</sup> Eine mögliche Folge ist die Unterschätzung des Sättigungsniveaus, die sich in zu niedrigen Prognosewerten niederschlägt. Exogen kann ein Sättigungslevel eingebracht werden, wenn zusätzliche Informationen hierzu vorliegen. Teilweise kann es auch von weiteren exogenen ökonomischen Variablen abhängig sein.<sup>292</sup> Ein Beispiel hierfür ist bei DARGAY/GATELY/SOMMER (2007) zu finden, die eine Ermittlung länderspezifischer Sättigungslevels in Abhängigkeit von Bevölkerungsdichte und Urbanisierungsgrad vornehmen. Die in diesem Zusammenhang getroffenen Annahmen in Verbindung mit einem eigenwilligen Normalisierungsprozess führen aber zum Hauptkritikpunkt an einer exogenen Festlegung von Sättigungsniveaus.

---

<sup>286</sup> Vgl. Cerwenka (1975), S. 23

<sup>287</sup> Vgl. Medlock/Soligo (2002), S. 180

<sup>288</sup> Vgl. Hüttner (1986), S. 106–107

<sup>289</sup> Vgl. Wiegert (1976), S. 46

<sup>290</sup> Vgl. Kohlhauser (1965), S. 412

<sup>291</sup> Vgl. Siebke (1963), S. 27–30

<sup>292</sup> Vgl. Wiegert (1976), S. 46–47

Denn Kritiker sehen in der autonomen Festlegung eine gewisse Willkür mit weitreichenden Konsequenzen.<sup>293</sup> So verweisen MEDLOCK/SOLIGO (2002) auf Arbeiten mit exogen festgelegten Sättigungslevels von DARGAY/GATELY (1998), MOGRIDGE (1989) und BUTTON/NGOE/HINE (1993) und weisen auf das systemimmanente Problem hin, dass die als willkürlich angesehene Vorabfestlegung des Sättigungslevels wesentlich die Gestalt der resultierenden Kurve beeinflusse.<sup>294</sup>

Gerade in den frühen Entwicklungsstadien heute reifer Industriestaaten fehlten Erfahrungswerte über das mögliche Ausmaß, das die Marktdurchdringung mit Pkw erreichen kann. Dies äußert sich in einer massiven, fortwährenden Unterschätzung des Sättigungsniveaus, das – wie etwa in den frühen Arbeiten der SHELL AG zu beobachten – von Studie zu Studie sukzessive nach oben korrigiert wurde. Eine Abbildung, die veranschaulicht, wie angenommene Sättigungslevels mit fortschreitender Zeit zunahmen, ist bei CERWENKA zu finden.<sup>295</sup> Folge der Unterschätzung waren dementsprechend schlechte Langzeitprognosen, wie Abbildung 4.8 in Kapitel 4.4.9 veranschaulicht. Fehlende Referenzwerte führten zudem zur Fehlinterpretation von Signalen. So deutete DE WOLFF einen durch die Weltwirtschaftskrise verursachten Absatzrückgang als Anzeichen für einen gesättigten Markt.<sup>296</sup> Auch ZIMMERMANN glaubte bereits 1955 an eine baldige, kaum aufzuhaltende Marktsättigung.<sup>297</sup> Dies sind nur zwei Beispiele, wie vielseitige ökonomische Effekte (wie etwa Rezessionen oder Kraftstoffpreisanstiege), die zu vorübergehenden Dämpfungen der Neuzulassungs-Zuwachsraten führten, fortgeschrieben wurden.<sup>298</sup>

Zwar zeigt sich heute sehr deutlich, dass langfristig erreichbare Pkw-Dichten weit oberhalb dessen liegen, was in der Vergangenheit schon als Obergrenze fehlinterpretiert wurde. Dennoch stellt die große Anzahl reifer Märkte und damit verbundener Erfahrungswerte die Forschung vor eine größere Herausforderung. Zum einen weisen die Pkw-Dichteniveaus in reifen und annähernd reifen Märkten eine erheb-

---

<sup>293</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3299

<sup>294</sup> Vgl. Medlock/Soligo (2002), S. 167–168

<sup>295</sup> Vgl. Cerwenka (1975), S. 25

<sup>296</sup> Vgl. Mogridge (1989), S. 55–56

<sup>297</sup> Vgl. Zimmermann (1955), S. 37

<sup>298</sup> Vgl. Mogridge (1989), S. 56

liche Spannweite auf. So ist die Dichte leichter Nutzfahrzeuge in den USA fast doppelt so hoch wie in Japan.<sup>299</sup> Zum anderen führen Strukturunterschiede zwischen reifen Märkten und Emerging Markets zu Zweifeln an der Beständigkeit von Analogieannahmen. Bezüglich langfristiger Sättigungsniveaus in den extrem bevölkerungsreichen Staaten China und Indien weisen KOBOS/ERICKSON/DRENNEN (2003) darauf hin, dass ein Motorisierungsniveau wie in den USA dort zum Kollaps führen würde.<sup>300</sup> Es bleibt also weiterhin die Frage nach der langfristigen Aufnahmekapazität von Pkw-Märkten und deren Abschätzung im Voraus offen.

### 6.3 Erklärungsgrößen – Anwendung und Diskussion

Bezogen auf die Erklärungsgrößen in ökonometrischen Modellen sehen sich Forscher dem Zielkonflikt gegenüber, ein Modell mit bestmöglicher Ergebnislänge bei gleichzeitig möglichst einfacher Handhabbarkeit zu generieren. Auf die Erhöhung des Schätzaufwandes mit jeder zusätzlichen Erklärungsgröße und die Notwendigkeit der frühzeitigen Verfügbarkeit als Eingangsgröße, um einen Prognosebeitrag leisten zu können, wurde bereits eingegangen. Zur Steigerung der Genauigkeit von Modellen werden zusätzliche Eingangsvariablen erwogen und deren Aussagekraft diskutiert. Im Folgenden sind einige Ergebnisse zu möglichen Einflussfaktoren auf die Bestandsentwicklung von Fahrzeugen nach Kategorien zusammengefasst. Diese werden zwar nicht alle explizit in Modelle integriert, jedoch oftmals diskutiert.

#### 6.3.1 Einkommensgrößen

Die Verwendung des Pro-Kopf-Einkommens in Modellen zur Erklärung der Entwicklung des Fahrzeugbestands stellt fast schon eine Norm dar.<sup>301</sup> In nahezu alle vorgestellten Modelle geht eine Form davon ein, häufig sogar als einzige Erklärungsgröße. Der grundsätzliche Zusammenhang zwischen Einkommen und Pkw-Bestand hat sich dabei als höchst zuverlässig herausgestellt.<sup>302</sup>

---

<sup>299</sup> Daten: VDA

<sup>300</sup> Vgl. Kobos/Erickson/Drennen (2003), S. 205

<sup>301</sup> Vgl. Button/Pearman/Fowkes (1982), S. 107

<sup>302</sup> Vgl. Kobos/Erickson/Drennen (2003), S. 202

WANG/TETER/SPERLING weisen darauf hin, dass bei der Verwendung des GDPs allerdings insofern Vorsicht geboten sei, als die Werte je nach Erfassungsart (mit Kaufkraftparität oder auf Basis nomineller Wechselkurse) und Quelle (WELTBANK oder INTERNATIONALER WÄHRUNGSFOND) zum Teil deutlich auseinander lägen. Zudem sind sie skeptisch gegenüber der Glaubwürdigkeit aus China stammender GDP-Angaben.<sup>303</sup> ANGELINI sieht bei der Verwendung der Kaufkraftparität über Warenkörbe die Schwäche, dass keine richtige Vergleichbarkeit gegeben sein könne, weil der Warenkorb exakt das interessierende Produkt in vergleichbarer Qualität in beiden Ländern erfassen müsse.<sup>304</sup> KOBOS/ERICKSON/DRENNEN weisen auf eine oftmals in Modellen fehlende Kaufkraft-Angleichung zwischen verschiedenen Staaten hin.<sup>305</sup> HUO/WANG bilden einen Fahrzeugpreisindex (VPI), der in Verbindung mit dem Einkommen als Kaufkraft-Größe verwendet wird. In ihrem konkreten Anwendungsfall dient dieser aber nicht der Berücksichtigung von Kaufkraft-Divergenzen auf internationaler Ebene, sondern trägt lediglich der Kaufkraftveränderung innerhalb Chinas Rechnung, die durch fortwährend sinkende Pkw-Preise entstand. In ihrem konkreten Anwendungsfall korreliert der Pkw-Bestand besser mit dieser Kaufkraft berücksichtigenden Größe, als das reine Pro-Kopf-Einkommen.<sup>306</sup>

Weitere Autoren sehen im Pro-Kopf-Einkommen als Durchschnittsgröße die mehr oder weniger starken Streuungen nicht berücksichtigt, die häufig auch – wie im Fall der wohlhabenden chinesischen Ostküste – regional bedingt sein können.<sup>307</sup> CHAMON/MAURO/OKAWA nutzen genauso wie KUTZBACH und HUO/WANG den GINI-Koeffizienten zur Berücksichtigung der Ungleichverteilung des Einkommens. Die Erkenntnis hieraus ist, dass eine größere Ungleichverteilung des Einkommens das Pkw-Wachstum bei niedrigem Motorisierungslevel fördert und ihm bei höherem Motorisierungsniveau entgegenwirkt.<sup>308</sup> HUO/WANG stellen fest, dass der prognostizierte Pkw-Bestand auf Veränderungen der Pkw-Preise, des Einkommens und des GINI-Koeffizienten mit ähnlich großen Auswir-

---

<sup>303</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3297–3299

<sup>304</sup> Vgl. Angelini (1969), S. 102

<sup>305</sup> Vgl. Kobos/Erickson/Drennen (2003), S. 202

<sup>306</sup> Vgl. Huo/Wang (2012), S. 20

<sup>307</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3302

<sup>308</sup> Vgl. Kutzbach (2009), S. 165, vgl. auch Chamon/Mauro/Okawa (2008), S. 254–258

kungen reagiert, wodurch alle drei Parameter gleich wichtig für dessen Prognose seien.<sup>309</sup> GAKENHEIMER gelangt mit einer linearen Regressionsfunktion auf Entwicklungsländer, bei Verwendung des Einkommens der oberen 20 Prozent der Bevölkerung als unabhängige Größe, zu besseren Ergebnissen als bei Nutzung des Durchschnittseinkommens.<sup>310</sup>

### 6.3.2 Kraftstoffpreisabhängige Nutzungskosten

Da sich Veränderungen des Ölpreises auf den Kraftstoffpreis auswirken und der Preis für Treibstoff wiederum die Nutzungskosten eines Fahrzeugs direkt beeinflusst, ist die Wirkung der Öl- bzw. Treibstoffpreise häufiger Untersuchungsgegenstand. CHAMON/MAURO/OKAWA (2008) gelangen zum Ergebnis, dass die über Länder hinweg stark variierenden Benzinpreise keinen signifikanten Einfluss auf die Größe des Pkw-Bestands ausüben. Vielmehr seien Auswirkungen höherer Kraftstoffpreise auf dessen Verzehr beobachtbar. Die Ursache für den sich verändernden Treibstoffverzehr wird in unterschiedlichen Ausweichbewegungen gesehen. Zu diesen kompensierenden Reaktionen gehören etwa die Herabsetzung gefahrener Personenkilometer oder die Nutzungsverschiebung in Richtung des effizienteren Fahrzeugs innerhalb heterogener Haushaltsfuhrparks, die gleichbleibende Jahresfahrleistungen trotz steigender Kraftstoffpreise erlaubt. Darüber hinaus finde eine zunehmende Verbreitung effizienterer Fahrzeuge statt.<sup>311</sup> In den Industriestaaten führten die Treibstoffpreisanstiege infolge der Ölkrise 1973 und 1979 zu einem vorübergehend dämpfenden Effekt der Pkw-Neuzulassungen, der in seiner Wirkung den Folgen der Depression aus den USA im Jahr 1920 ähnelte.<sup>312</sup>

WANG/TETER/SPERLING sehen speziell in Bezug auf den zukünftigen Megamarkt China in steigenden Ölpreisen und möglichen Ölengpässen keinerlei Bedrohung. Sie verweisen auf große vorhandene Vorräte fossiler Energieträger sowie weitreichende politische Maßnahmen, die Effizienzsteigerungen bei Pkw erzwingen. Darüber hinaus bestünde der größte Teil des Kraftstoffpreises aus Kraftstoff-

---

<sup>309</sup> Vgl. Huo/Wang (2012), S. 26

<sup>310</sup> Vgl. Gakenheimer (1999), S. 678

<sup>311</sup> Vgl. Chamon/Mauro/Okawa (2008), S. 258–266, vgl. auch Medlock/Soligo (2002), S. 166

<sup>312</sup> Vgl. Mogridge (1989), S. 56

steuern und in China werde Elektromobilität vorangetrieben, die potentielle Fahrzeugkäufer vom Öl unabhängiger mache.<sup>313</sup>

### 6.3.3 Infrastruktur

Die Verfügbarkeit von Straßen spielt für das Pkw-Wachstum eine tragende Rolle. CHAMON/MAURO/OKAWA finden eine positive Verknüpfung des Logarithmus der Straßennetz-Länge pro Kopf mit der Pkw-Dichte. Das Ausmaß des verfügbaren Straßennetzes hänge wiederum von der Größe der Pkw-Flotte ab. Damit bedingen sich die beiden Größen gegenseitig.<sup>314</sup> KOBOS/ERICKSON/DRENNEN sehen eine begrenzte Straßeninfrastruktur als problematisch an, da sie die Pkw-Ausbreitung begrenzen und eventuell damit den Einkommenseinfluss überdecken könne.<sup>315</sup>

Bezüglich der Auswirkung von Verkehrsstaus auf das Pkw-Wachstum gelangen WANG/TETER/SPERLING zur Einschätzung, dass wachsende Staus das Fahrzeugwachstum zwar dämpfen würden, aber dies nur in moderatem Maße.<sup>316</sup> Erfahrungen aus Deutschland zu Beginn seiner Motorisierungsentwicklung zeigten zum einen am Beispiel von Frankfurt zwischen 1957 und 1960, dass die Berufsverkehrsdichte um nur 25 Prozent wuchs und sich damit deutlich unterproportional zur wachsenden Anzahl registrierter Fahrzeuge entwickelte, die zur selben Zeit um 65 Prozent zunahm. Zum anderen bemängelten LENK und SHELL zur selben Zeit den schlechten Straßenzustand in der BRD zu Beginn der 1960iger Jahre, der dringende Straßenbautätigkeit erfordere.<sup>317</sup> Eine vernehmbare Dämpfung des Absatzes infolge schlechter Straßenverhältnisse blieb indes aus.

### 6.3.4 Bevölkerungsstruktur

Zu widersprüchlichen Ergebnissen kommen Untersuchungen hinsichtlich der Bevölkerungsstruktur und deren Einfluss auf die Pkw-Bestandsentwicklung. So stellen

---

<sup>313</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3303

<sup>314</sup> Vgl. Chamon/Mauro/Okawa (2008), S. 258

<sup>315</sup> Vgl. Kobos/Erickson/Drennen (2003), S. 213

<sup>316</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3303–3304

<sup>317</sup> Vgl. Lenk (1962), S. 33–41, vgl. auch Deutsche Shell AG (Hg.) (1959), S. 2

BUTTON/NGOE/HINE in ihrer Untersuchung von Entwicklungsländern im Gegensatz zu Erfahrungen aus den Industriestaaten ein in städtischen Gegenden schneller verlaufendes Bestandswachstum gegenüber ländlichen Regionen fest. Darüber hinaus bestehe für einige Länder ein positiver, linearer Zusammenhang zwischen Bestand und Urbanisierungsgrad.<sup>318</sup> DARGAY/GATELY/SOMMER berücksichtigen gar Bevölkerungsdichte und Urbanisierungsgrad zur Ermittlung länderspezifischer Sättigungsniveaus.<sup>319</sup> CHAMON/MAURO/OKAWA kommen im Gegensatz dazu zum Ergebnis, dass die Bevölkerungsdichte und der Urbanisierungsgrad keine große Erklärungskraft für den Pkw-Besitz besäßen, jedoch habe die Haushaltsgröße einen signifikanten, negativen Einfluss auf den Bestand.<sup>320</sup>

### 6.3.5 Sonstige Erklärungsgrößen

Es wurden nun Untersuchungsergebnisse zu einigen wesentlichen Bereichen dargestellt. Daneben existieren weitere Einflüsse, etwa mögliche Substitutionseffekte durch ÖPNV oder alternative Fahrzeuge wie etwa Zweiräder.<sup>321</sup> Wie Abbildung 4.8 in Kapitel 4.4.9 zeigt, traf die Hypothese von ESSO, dass der Nachfrageanstieg nach Pkw nur auf eine Substitution vorhandener Krafträder zurückzuführen sei, nicht zu. Eine Untersuchung, ob ein niedriger Quotient aus Gesamt-Straßen- und Schienen-Meilen einen Hinweis auf die Bahnnutzung geben könnte, führte zu einem positiven, aber nicht signifikanten Zusammenhang.<sup>322</sup>

Erwägungen zu länderspezifisch unterschiedlicher Automobilneigung wurden unter anderem von KOHLHAUSER und WANG/TETER/SPERLING diskutiert. KOHLHAUSER beobachtet in den 1950iger Jahren in einigen Staaten positive Bestandszuwächse trotz sinkender Pro-Kopf-Realeinkommen und schreibt diesen Effekt einer fiktiven Größe zu, die er als ‚Motorisierungswille‘ bezeichnet. Dieses nicht quantifizierbare Motorisierungsverlangen veranlasse Menschen, ein Kraftfahrzeug besitzen zu wollen und zu diesem Zweck bei teilweise lebenswichtigen Gütern

---

<sup>318</sup> Vgl. Button/Ngoe/Hine (1993), S. 59

<sup>319</sup> Vgl. Dargay/Gately/Sommer (2007), S. 143–144

<sup>320</sup> Vgl. Chamon/Mauro/Okawa (2008), S. 258

<sup>321</sup> Vgl. Kobos/Erickson/Drennen (2003), S. 202

<sup>322</sup> Vgl. Chamon/Mauro/Okawa (2008), S. 258

Verzicht zu üben.<sup>323</sup> WANG/TETER/SPERLING gelangen zu einem greifbareren Kausalzusammenhang. In ihrer Untersuchung weisen alle Staaten ohne eigene Automobilindustrie einen geringeren Zuspruch zur Motorisierung auf als Pkw produzierende Staaten und besitzen demzufolge geringere Wachstumsraten.<sup>324</sup>

Das Einkommen war in der Vergangenheit derjenige Faktor, der alleine den allergrößten Anteil der Pkw-Dichte-Entwicklung erklären konnte und am häufigsten hierzu herangezogen wurde. Trotz angesprochener Problemfelder besitzen Einkommensgrößen erhebliche Vorteile. So sind etwa Zeitreihen und Prognosen des GDPs für die allermeisten Staaten der Erde verfügbar, auch für diejenigen, für die jegliche Datenverfügbarkeit ansonsten sehr schlecht ist. Darüber hinaus ist ein transparenter Kausalzusammenhang gegeben.

## 6.4 Weitere Problemfelder

Im vorangegangenen Kapitel 6.3 wurden einige Einflussfaktoren auf den Pkw-Bestand angesprochen. Im Folgenden werden nun weitere, im Rahmen von Untersuchungen aufgetretene Problemfelder erläutert. Eine bei der parallelen Verwendung mehrerer Erklärungsgrößen häufig auftretende Problematik ist das Phänomen der (Multi)-Kollinearität. Diese ist dann gegeben, wenn die unabhängigen Variablen untereinander in einem funktionalen Zusammenhang stehen. Eine zuverlässige Schätzung der Parameter ist dann nicht möglich, da diese verzerrt sind und keine Aussage über einen Zusammenhang zwischen abhängiger und unabhängiger Variable erlauben. Zwar kann mit einer solchen Regressionsgleichung unter der Prämisse prognostiziert werden, dass der funktionale Zusammenhang zwischen den Regressoren unverändert fortbesteht, jedoch ist der Nutzensvorsprung gegenüber einer einfacheren Regressionsgleichung in diesem Fall fraglich.<sup>325</sup>

Ein weiteres wesentliches Problem betrifft die häufig schlechte Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Forschungsarbeiten, die dadurch entsteht, dass diese

---

<sup>323</sup> Vgl. Kohlhauser (1965), S. 405–406

<sup>324</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3299

<sup>325</sup> Vgl. Forsch (1976), S. 65



auf verschiedenen Prämissen oder unterschiedlichen Eingangsdaten basieren.<sup>326</sup> Eine unüberwindbare Problemstellung ergibt sich darüber hinaus im Hinblick auf die Datenverfügbarkeit und Datengüte, da die Datenqualität zwischen Ländern infolge höchst unterschiedlicher Erfassungsbedingungen sehr heterogen ist. Darüber hinaus sind Unschärfen durch voneinander abweichende Abgrenzungen, Erfassungszeitpunkte und Erfassungsänderungen im Zeitverlauf unvermeidbar. Solche Probleme treten nicht nur auf internationaler, sondern auch auf nationaler Ebene und innerhalb von Kategorien oder Segmenten auf. So kann die Bezeichnung ‚Passenger Cars‘ in China problematisch sein, da die Fahrzeugklassifizierung im Zeitverlauf inkonsistent ist.<sup>327</sup> Darüber hinaus bestehen Unterschiede in der Erfassung statistischer Ämter und der Industrie. So wird etwa ein Taxi in China sowohl der Kategorie ‚Passenger Vehicle‘, als auch den ‚Commercial Vehicles‘ zugerechnet, was einer schnittmengenfreien Trennung im Wege steht.<sup>328</sup> Auch in Deutschland kam es ab Januar 2008 zu einer Änderung der Bestandserfassung. Bis einschließlich 2007 umfasste der ausgewiesene Pkw-Bestand neben angemeldeten Fahrzeugen auch vorübergehende Stilllegungen bzw. Außerbetriebsetzungen. Seit dem 1. Januar 2008 wird der Bestand jedoch ohne jene Fahrzeuge ausgewiesen. Infolgedessen lag der Pkw-Bestand des Jahres 2008 gegenüber dem Vorjahrswert um etwa 11,5 Prozent niedriger. Unter einheitlichen Erfassungsbedingungen stieg der reale Pkw-Bestand aber vom Jahr 2007 auf 2008 moderat an. Der erfasste Bestandsrückgang ist lediglich auf die nicht mehr protokollierten Pkw zurückzuführen. Es handelt sich also nur um einen Bestandsrückgang ‚auf dem Papier‘ infolge inkonsistenter Erfassungsbedingungen.<sup>329</sup>

## 6.5 Identifizierter Forschungsbedarf – Eigener Fokus

Neben den bereits erwähnten Treibstoffkosten fällt eine Vielzahl weiterer Größen in den Bereich der Nutzungskosten, die länderspezifisch höchst unterschiedlich sein können und häufig in direktem Maße von der jeweiligen Regierung beeinflusst werden. Hierzu gehören vor allem solche Faktoren, die die Gesamtkosten eines Pkw betreffen. Oftmals handelt es sich hierbei um Instrumente, die gezielt mit be-

---

<sup>326</sup> Vgl. Dargay/Gately (1999), S. 102

<sup>327</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3301, vgl. auch Huo/Wang (2012), S. 18–19

<sup>328</sup> Vgl. Huo/Wang (2012), S. 18–19

<sup>329</sup> Daten: KBA

absichtiger Steuerungswirkung eingesetzt werden und deren Effekt auf die Bestandsentwicklung daher sehr wahrscheinlich ist. So wird etwa in Norwegen ein Kausalzusammenhang zwischen den beträchtlichen Anschaffungssteuern und dem hohen Bestands-Durchschnittsalter vermutet, da davon ausgegangen wird, dass Pkw infolge hoher Abgaben bei der Neuanschaffung länger gehalten werden.<sup>330</sup> Ebenso wahrscheinlich ist die Wirkung gegensätzlicher Effekte, die von Verschrottungsprämien ausgehen und die Entsorgung alter Pkw oder solcher Fahrzeuge mit hohem Schadstoffausstoß motivieren sollen. Eine Übersicht derartiger Regelungen in verschiedenen Ländern (vgl. **Tabelle A. 9**) befindet sich in Anhang B dieser Arbeit.

Neben diesen Gesamtkosten-Bestandteilen, zu denen auch Kfz-Steuern gehören, ist vor allem ein Zusammenhang zwischen den Außenhandelsbedingungen und dem Pkw-Bestand wahrscheinlich. Dies betrifft die Existenz von Freihandelszonen oder Handelsabkommen, Handelshemmnissen, Protektionismus und Sanktionen, die über Bezugsmöglichkeiten und -konditionen von Fahrzeugen aus dem Ausland entscheiden. Vor dem Hintergrund des Marktzugangs ist die Rolle von Gebrauchtwagen eine wesentliche Größe, die in bestehenden Forschungsarbeiten unberücksichtigt bleibt. Beim Pkw-Dichte-Wachstum wird nicht explizit differenziert zwischen Neuwagen und Gebrauchtwagen, die dem Bestand von außen zugeführt werden, also etwa aus dem Ausland eingeführten Gebrauchtfahrzeugen. Beide können gleichermaßen eine Bestandserhöhung hervorrufen. Die nachfolgende Formel zeigt die Veränderung des Pkw-Bestands in Abhängigkeit der relevanten Größen:<sup>331</sup>

$$\Delta Bestand = NW_t - V_t + GWI_t - GWE_t$$

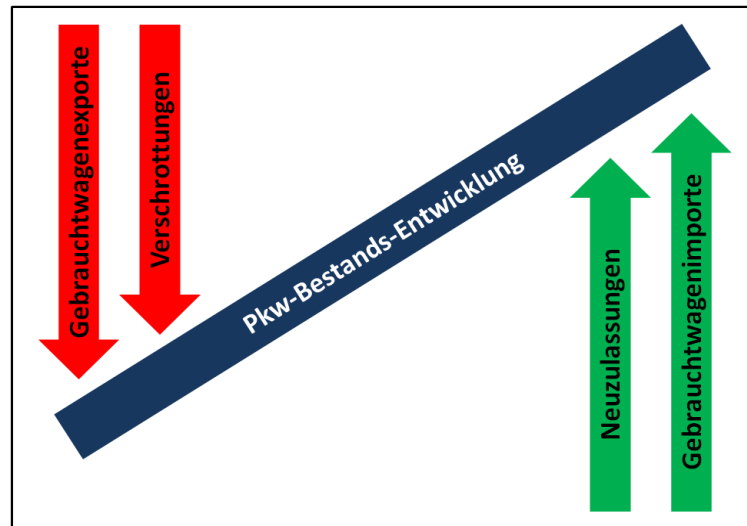
**Formel 6.1: Einflussgrößen der Bestandsveränderung zwischen zwei Perioden**

$\Delta Bestand$	Bestandsänderung zwischen Ende der Perioden $t - 1$ und $t$
$NW_t$	Im Verlauf der Periode $t$ zugelassene Neuwagen
$V_t$	Im Verlauf der Periode $t$ verschrottete Fahrzeuge
$GWI_t$	Im Verlauf der Periode $t$ importierte (und zugelassene) Gebrauchtwagen
$GWE_t$	Im Verlauf der Periode $t$ exportierte (und zugelassene) Gebrauchtwagen

<sup>330</sup> Vgl. KBA - Kraftfahrt-Bundesamt (Hg.) (2013a), S. 13

<sup>331</sup> Vgl. Diez (1986), S. 10–11

Die nachfolgende **Abbildung 6.1** zeigt noch einmal grafisch die jeweilige Wirkungsrichtung der bestandsverändernden Umstände.



**Abbildung 6.1: Einflussfaktoren auf die Pkw-Bestandsentwicklung**

(Quelle: Eigene Darstellung)

In den frühen Entwicklungsstadien der Industrienationen, zu denen Prognosearbeiten im vierten Kapitel vorgestellt wurden, spielten Gebrauchtwagenimporte noch keine erwähnenswerte Rolle, da in benachbarten Märkten zu dieser Zeit kein entsprechendes Angebot vorhanden war. Inzwischen stehen Staaten in frühen Motorisierungs-Entwicklungsphasen aber einer Vielzahl bereits voll entwickelter Pkw-Märkte gegenüber, so dass die bislang nicht explizit betrachtete Komponente ‚Gebrauchtwagenimporte‘ näher untersucht werden sollte. Nicht zuletzt deswegen, weil durch die Einfuhr von Gebrauchtwagen je nach Rahmenbedingungen eine kostengünstigere Bezugsquelle für Pkw entsteht, mit entscheidenden Auswirkungen auf die Kaufkraft vor dem gegebenen Modellhintergrund. Verschiedene Arbeiten, wie etwa HUO/WANG (2012), nahmen bereits eine Kaufkraft-Berücksichtigung vor, um den stark nachlassenden Neuwagenpreisen bei vergleichbaren Modellen infolge des WTO-Beitritts Rechnung zu tragen.<sup>332</sup> Die Spanne zwischen Neuwagenpreisen und Gebrauchtwagenpreisen sollte jedoch noch deutlich größer sein, als der in ihrem Fall adressierte Neuwagenpreisrückgang. In Deutschland lag der durchschnittliche Neuwagenanschaffungspreis im Jahr 2013 bei 27.030 Euro. Pro Gebrauchtwagen wurde mit durchschnittlich 9.420 Euro nur gut ein Drittel investiert. Bei al-

<sup>332</sup> Vgl. Huo/Wang (2012), S. 17–29

leiniger Betrachtung des Gebrauchtwagen-Privatmarktes lag der Durchschnittspreis mit 6.830 Euro wiederum niedriger und Gebrauchtwagenkäufer mit einem Haushaltsnettoeinkommen unterhalb von 1.000 Euro gaben im Mittel sogar nur 4.020 Euro aus.<sup>333</sup> Und selbst dieser Durchschnittspreis dürfte noch weit oberhalb der Preisuntergrenze für einen noch fahrtüchtigen Gebrauchtwagen liegen, der in Entwicklungsmärkten weiter eingesetzt werden kann.

Frühere Forschungsarbeiten, von denen einige in dieser Arbeit vorgestellt wurden, versuchen also, das Verhältnis aus Pkw-Dichte und Pro-Kopf-Einkommensgröße für möglichst viele Staaten bestmöglich durch eine Funktion zu beschreiben und den Erklärungsgrad für diese durch zusätzliche Erklärungsgrößen zu optimieren. Anschließend wird der gewonnene Zusammenhang zu Langfristprognosen von Entwicklungsmärkten eingesetzt, womit zwei wesentliche Nachteile einhergehen. Zum einen wird ein impliziter Analogieschluss getroffen, nämlich dass der jeweilige Entwicklungsmarkt das gleiche Wachstumsmuster verfolgt wie die Mehrheit, die durch die ermittelte Wachstumsfunktion repräsentiert wird. Hierbei wird außer Acht gelassen, dass gerade jener Entwicklungsmarkt abweichende Strukturen aufweisen könnte. Zum anderen kann der Rückgriff auf mehrere Erklärungsgrößen zu die Prognosefunktion verkomplizieren, da entsprechende Eingangsdaten in ausreichender Güte vorliegen müssen.

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich demgegenüber auf Märkte mit abweichenden Wachstumsmustern und vermutet als mögliche Ursache für einzelne von ihnen eine Inhomogenität des Bestandswachstums. Es erscheint daher notwendig zu untersuchen, inwiefern Ländermärkte identifiziert werden können, deren Pkw-Bestandswachstum in erheblichem Maße über importierte Gebrauchtwagen erfolgte und in welchen Pkw-Märkten ein solches Wachstumsmuster zukünftig möglich ist. Dies geschieht in den nachfolgenden Kapiteln.

---

<sup>333</sup> Vgl. DAT - Deutsche Automobil Treuhand GmbH (Hg.) (2014), S. 15–18

## **7 Untersuchung regionsspezifischer Wachstumsmechanismen**

### **7.1 Vorbereitung und Schätzung des Ausgangsmodells**

#### **7.1.1 Intention**

Der Pkw-Markt von Ländern wie China und Indien befindet sich in einem frühen Entwicklungsstadium, das von Wachstum geprägt ist. In bisherigen Arbeiten basierten Prognosen des Pkw- oder Fahrzeugwachstums solcher Entwicklungsstaaten entweder auf unterstellten Analogien zu vielen verschiedenen Beobachtungsländern oder aber Analogien zu ausgewählten Staaten. Im ersten Fall wurden etwa von DARGAY/GATELY/(SOMMER) (1999, 2007) länderspezifische Funktionen mit jeweils eigenen Parametern geschätzt. Den Unterschied bildet ein für jedes Land individueller Steigungsparameter. Welche Ursachen allerdings zu den mitunter erheblich voneinander abweichenden Steigungsparametern führen, bleibt indes offen.

Im Fall einer gezielten Auswahl bestimmter Staaten zum Analogieschluss war diese teils sehr spekulativ. So lautete die Kritik von WANG/TETER/SPERLING (2011), dass China mit kleinen Nationen und Ländern ohne eigene Automobilproduktion kaum vergleichbar sei. Es wurden zwar ausgewählte Industriestaaten mit Mindestgröße und eigener Pkw-Produktion zugrunde gelegt, jedoch wurden einheitliche Bedingungen zwischen dem heutigen China und den beobachteten Industrienationen einige Jahrzehnte zuvor (z. B. Deutschland nach dem zweiten Weltkrieg) unterstellt. Anstatt China gezielt qualitativ von ausgegrenzten Staaten zu distanzieren, wurden zwei Annahmen getroffen. Erstens, dass bevölkerungsreichere Länder anders wachsen als bevölkerungsärmere und zweitens, dass Staaten mit eigener Pkw-Produktion anders wachsen als Nationen ohne eine solche. Die vorliegende Untersuchung adressiert daher gezielt solche Länder, deren Pkw-Bestände ein vom ‚durchschnittlichen Regelverlauf‘ abweichendes Wachstumsmuster verfolgen und überprüft, inwiefern ein solches Ausnahmestandard auch für die sich gegenwärtig und zukünftig entwickelnden Staaten infrage käme.

Zunächst wird hierzu der Zusammenhang zwischen dem GDP pro Kopf<sup>334</sup> und der Pkw-Dichte für einige Länder mit einfachen Modellannahmen geschätzt. Gegenüber Ansätzen, die verschiedene Parameter länderspezifisch und somit für jedes Untersuchungsland eine eigene Funktion schätzen, ist hier die Zielsetzung eine andere. Die Grundidee ist die Schätzung eines einfachen Modells, das als eine Art durchschnittlicher Zusammenhang zwischen GDP pro Kopf und Pkw-Dichte verstanden werden soll. Diesem Durchschnittsverlauf sollen sodann die tatsächlichen Entwicklungsverläufe zu untersuchender Staaten gegenübergestellt werden. Auffällige Ausreißer sollen weitergehend mit dem Ziel analysiert werden, Ursachen zu identifizieren, die diese speziellen Wachstumsmechanismen bedingen. Darüber hinaus sollen Schlussfolgerungen für solche Länder abgeleitet werden, die sich am Motorisierungsbeginn oder in einem frühen Entwicklungsstadium befinden.

### 7.1.2 Eingangsdaten

Die für die Untersuchung verwendeten Eingangsdaten setzen sich aus unterschiedlichen Quellen zusammen. Die Pkw-Dichten wurden als Quotient aus Pkw-Bestand (zum 31.12.) und Gesamtbevölkerung des jeweiligen Landes errechnet. In einzelnen bisherigen Untersuchungen wurden zuweilen nur erwerbstätige Einwohner oder die Bevölkerung zwischen 18 und 65 Jahren zugrunde gelegt, wodurch die Pkw-Dichten größer ausfallen als bei Bezugnahme auf die Gesamtbevölkerung. Es soll daher an dieser Stelle die Bedeutung der Bezugsgrundlage betont werden. Bei den verwendeten Bevölkerungszahlen handelt es sich um WELTBANK-Zeitreihen.

Die zugehörigen Pkw-Bestandsdaten stammen zu großen Teilen vom VDA<sup>335</sup>. Sofern nicht von großen Zeitreihenbrüchen ausgegangen werden musste, wurden diese durch UNECE<sup>336</sup> bzw. Eurostat<sup>337</sup>-Daten erweitert. Darüber hinaus wurden zur Erweiterung und Plausibilitätsprüfung nationale Quellen verschiedener Länder herangezogen. Eine Übersicht über verwendete Quellen befindet sich im separaten Datenquellen-Verzeichnis dieser Arbeit.

---

<sup>334</sup> GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar), Definition siehe Anhang C

<sup>335</sup> VDA: Verband der Automobilindustrie e.V.

<sup>336</sup> UNECE: United Nations Economic Commission for Europe

<sup>337</sup> Eurostat: Statistisches Amt der Europäischen Union

Da die unabhängigen Variablen für eine Untersuchung wie diese über alle Jahre und für alle betrachteten Staaten in vergleichbarer Einheit vorliegen müssen, wurde auch hierfür auf WELTBANK-Zeitreihen zurückgegriffen. Es handelt sich um Zeitreihen des GDPs pro Kopf<sup>338</sup> zwischen 1980 und 2012. Der resultierende Gesamtdatensatz besteht aus 1.372 Einzeldatensätzen und umfasst 63 Länder, deren Zeitreihen frühestens 1980 starten und spätestens im Jahr 2012 enden. Eine Liste der betrachteten Länder und Zeiträume (vgl. **Tabelle A. 10** und **Tabelle A. 11**) befindet sich in Anhang C.

### 7.1.3 Methodik und Modellschätzung

Im dritten Kapitel dieser Arbeit wurden diverse Wachstumsfunktionen dargestellt. Einige der aufgezeigten Funktionen eignen sich jedoch nicht zur Anwendung auf die vorliegende Problemstellung. Die Anpassungsfähigkeit von Modellen mit zusätzlichen Parametern wird für die geplante ‚Durchschnitts-Schätzung‘ nicht benötigt. Mit solchen Modellen kann gegebenenfalls eine verbesserte Anpassung an einzelne Zeitreihen möglich sein. Hier würden sie aber die Komplexität nur unnötig erhöhen, da zusätzliche Parameter geschätzt werden müssten.

Die logistische Funktion und die GOMPERTZ-Funktion, bei denen es sich im Fall nur einer unabhängigen Variablen um drei-parametrische Wachstumsfunktionen handelt, besitzen den Vorteil, dass durch eine Linearisierung (bei a priori festgelegtem Sättigungsniveau) mittels linearer Regression Startwerte gewonnen werden können. Auf diese Weise werden auch im vorliegenden Fall für beide Funktionen Startwerte generiert. In beiden Fällen besitzt der Sättigungsparameter den Charakter eines statistisch notwendigen Parameters, ist also nicht als tatsächliche langfristige Obergrenze der Pkw-Dichte zu verstehen, sondern trägt einen ähnlichen Durchschnittscharakter wie die gesamte Funktion. Bei der Größe  $x$  handelt es sich jeweils um das GDP pro Kopf<sup>339</sup>. Die Schätzung wurde mit der LEVENBERG-MARQUARDT-Methode über das Statistik-Programm SPSS Statistics 22 durchgeführt. Für die GOMPERTZ-Funktion wurde eine von Kapitel 3.2.3 abweichende Parametrierung

---

<sup>338</sup> GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar) – Nachfolgend wird, sofern nicht abweichend angegeben, immer diese Erfassungsart des GDPs verwendet.

<sup>339</sup> GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar) in 1.000

verwendet, bei der  $e^{-\beta}$  durch  $b$  substituiert wurde. Der Parameter  $a$  entspricht  $\alpha$  in der Nomenklatur des dritten Kapitels. Eine Überführung in die veränderte Parametrierung (vgl. **Formel A. 8** und **Formel A. 9**) ist in Anhang C zu finden.

Da T- und F-Statistiken nicht ohne Weiteres auf den nichtlinearen Fall übertragen werden können, während das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  analog zum linearen Verständnis auch im nichtlinearen Fall verwendet werden kann, wird das Bestimmtheitsmaß im Zuge der Modellschätzung als wesentliches Gütekriterium – neben der Plausibilitätsprüfung der Parametervorzeichen – herangezogen.<sup>340</sup> Zudem wurde die Modellschätzung mit jeweils leicht modifizierten Startwerten wiederholt durchgeführt. Die nachfolgende **Tabelle 7.1** zeigt die beiden Funktionen sowie die für diese geschätzten Parameter und das jeweilige Bestimmtheitsmaß  $R^2$ .

Logistische Funktion	GOMPERTZ-Funktion
$f(M, a, b, x) = \frac{M}{(1 + e^{(a-b \cdot x)})}$	$f(M, a, b, x) = M \cdot e^{-a \cdot b^x}$
$M = 507,661$	$M = 545,727$
$a = 2,436$	$a = 3,265$
$b = 0,160$	$b = 0,906$
$R^2 = 0,828$	$R^2 = 0,832$

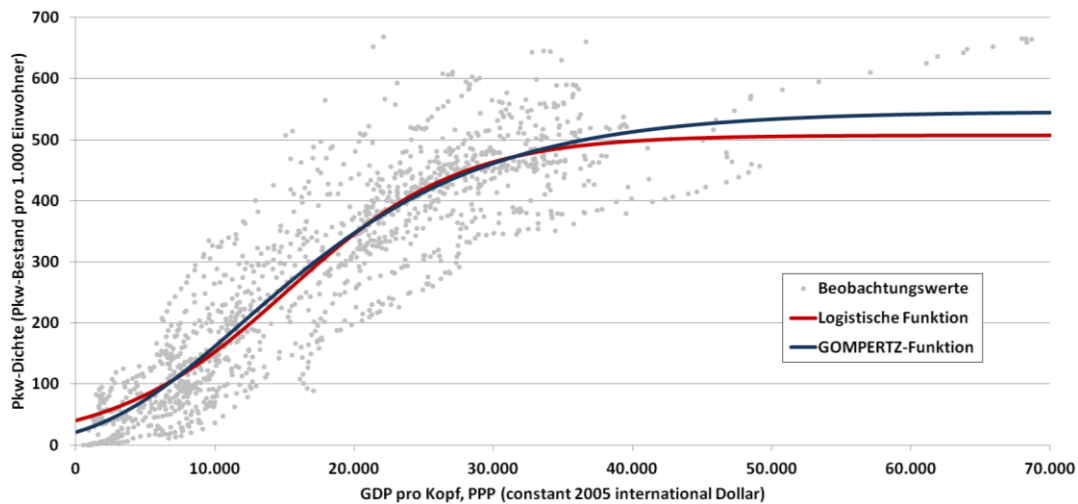
**Tabelle 7.1: Schätzwerte der logistischen Funktion und GOMPERTZ-Funktion**

(SPSS-Ausgaben in Anhang C)

Alle Parameter weisen die erwarteten Vorzeichen auf. Beide Funktionen sind in der nachfolgenden **Abbildung 7.1** zusammen mit den Beobachtungswerten des Datensatzes dargestellt.

<sup>340</sup> Vgl. Pindyck/Rubinfeld (1998), S. 270–271





**Abbildung 7.1: Streudiagramm mit logistischer und GOMPERTZ-Funktion**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

Der GOMPERTZ-Funktion wird hier gegenüber der logistischen Funktion der Vorzug gegeben. Dies wird allerdings nicht nur mit dem minimal höheren Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,832$  gegenüber  $R^2 = 0,828$  gerechtfertigt. Der Verlauf ist über weite Bereiche sehr ähnlich, jedoch besitzt die GOMPERTZ-Funktion einen deutlich niedrigeren y-Achsenabschnitt und verläuft bis zu einem GDP pro Kopf von etwa 7.500 Dollar unterhalb der logistischen Kurve.

Der y-Achsenabschnitt beider Funktionen lautet:

**Logistische Funktion** 
$$f(M, a, b, x) = \frac{507,661}{(1 + e^{(2,436 - 0,160 \cdot x)})} = 40,9$$

**GOMPERTZ-Funktion** 
$$f(M, a, b, x) = 545,727 \cdot e^{-3,265 \cdot 0,906^x} = 20,8$$

Dieser niedrigere y-Achsenabschnitt ist für die Betrachtung von Staaten in frühen Entwicklungsstadien realistischer, da er die geringe Motorisierung bei niedrigen GDP-Niveaus treffender widerspiegelt. Es ließe sich zwar – wie in Kapitel 3.2.2 gezeigt – auch bei der logistischen Funktion durch Veränderung des Parameters  $a$  ein niedriger liegender y-Achsenabschnitt herbeiführen. Eine derartige Veränderung des geschätzten Parameters würde jedoch zu einer Verschlechterung des Bestimmtheitsmaßes führen.

#### 7.1.4 Anmerkungen zur Datenqualität

Es stellt sich die Frage, ob der Datensatz vollumfänglich betrachtet werden sollte, oder aber – wie in Untersuchungen oftmals vorgenommen – bestimmte Länder von der Betrachtung ausgenommen werden sollten.

Durch Festlegung einer Mindestbevölkerungsgröße ließe sich etwa das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  verbessern. Schon bei Ausgrenzung derjenigen Staaten mit weniger als 1,2 Millionen Einwohnern (Island, Luxemburg, Malta, Montenegro und Zypern) würde sich das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  der GOMPERTZ-Funktion von 0,832 auf 0,84 verbessern. Damit verbunden würde jedoch die Zahl der betrachteten Länder von 63 auf 59 zurückgehen und die Anzahl der Datensätze von 1.372 auf 1.287 sinken. Bei Ausgrenzung kleiner Staaten bis sechs Millionen Einwohner könnte  $R^2$  sogar von 0,832 auf 0,879 gesteigert werden. Zusätzlich würden mit Armenien, Albanien, Bosnien und Herzegowina, Dänemark, Estland, Finnland, Georgien, Irland, Israel vor dem Jahr 1999, Kirgisistan, Kroatien, Lettland, Litauen, Mazedonien, Moldawien, Norwegen, Slowakei, Slowenien, Tadschikistan und Turkmenistan weitere Länder und damit Informationen wegfallen. Die Beobachtungswerte würden hierdurch von 63 auf 41 Länder mit insgesamt 963 Datensätzen (statt 1.372) reduziert. Die Datensatzanzahl ginge auf knapp 70 Prozent, die Anzahl der Länder auf 64 Prozent zurück. Das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  wäre zwar höher bzw. besser, besäße demzufolge aber auch nur für diese kleinere Gruppe Gültigkeit.

In Kapitel 7.1.1 wurde das Ziel der Untersuchung dahingehend formuliert, dass, ausgehend von einer Durchschnitts-Schätzung, mehr Klarheit über Abweichler gewonnen werden und optimalerweise Rückschlüsse auf Ländergruppen oder Mechanismen möglich sein sollten. Daher kann eine mehr oder weniger willkürliche Ausgrenzung von Staaten, deren Wachstumsmuster sich nicht mit jenem der Mehrheit decken, wie sie in früheren Studien zur Verbesserung des Bestimmtheitsmaßes angewendet wurde, nicht gewünscht sein. Es sollen Ursachen für Abweichungen vom Regelverlauf untersucht werden, so dass eine engere Eingrenzung des Untersuchungsbereichs mit dem Ziel der Ausgrenzung des schlecht Erklärbaren nicht zielführend wäre. Daher wird hier auf eine größenabhängige Exklusion verzichtet. Die einzige Ausnahme hiervon bilden die USA, die zur Vermeidung von Verzerrungen

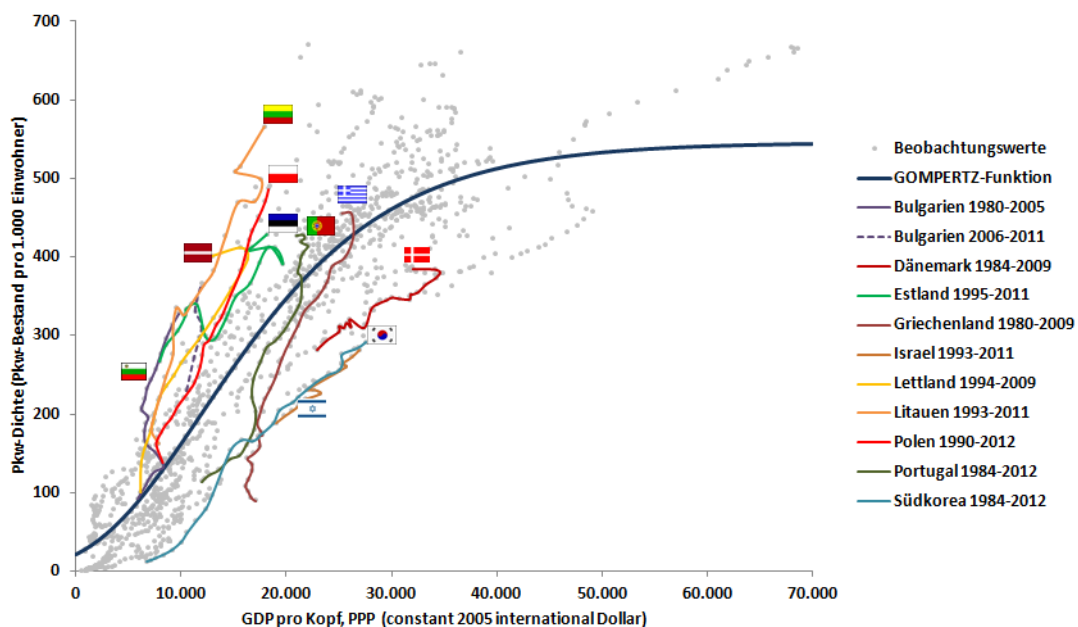
von der Betrachtung ausgeschlossen werden. Die Ursache hierfür ist der dortige definitorische Unterschied in Bezug auf die Fahrzeugklassifizierung. Die in den USA existierende Klassifizierung von SUVs und Pick-Ups als leichte Nutzfahrzeuge anstelle von Pkw in Verbindung mit der dortigen Beliebtheit großer Fahrzeuge führt dazu, dass sich die Neuzulassungen zu annähernd gleichen Teilen aus Pkw und leichten Nutzfahrzeugen zusammensetzen.

Es ist eine weitere einschränkende Anmerkung bezüglich der Datenqualität zu machen. Zuweilen kommt es in den 63 Staaten zu Erfassungsänderungen, so dass große Sprünge auftreten können, obwohl die Daten der jeweilig benachbarten Zeitpunkte derselben Quelle entstammen. Ein Beispiel hierfür ist Bulgarien, wo der Pkw-Bestand vom Jahr 2005 auf 2006 von mehr als 2,5 auf unter 1,8 Millionen zurückging und demzufolge die Pkw-Dichte von ca. 328 auf etwa 230 zurückfiel. Das Ausgrenzen oder teilweise Ausschließen der bulgarischen Daten wäre aber insofern ein willkürlicher Eingriff, als nicht mit Bestimmtheit gesagt werden kann, welcher Datensatz der Erfassung der übrigen Staaten eher entspricht: derjenige ab 2006 oder jener bis 2006. Ein weiteres Beispiel ist die Erfassungsänderung des Pkw-Bestands in der Bundesrepublik Deutschland, auf die in Kapitel 6.4 bereits eingegangen wurde. Das Ausgrenzen der Daten ausschließlich vor oder nach dieser Änderung wäre nur sinnvoll, wenn die gewählte Periode den Erhebungsumständen aller übrigen Länder entspräche. Deren Erhebungsumstände und Modifikationen daran sind aber oftmals unbekannt. Insofern kann die Dokumentationsqualität aller 63 Länder zu jeder Zeit unmöglich als absolut vergleichbar angesehen werden. Da davon auszugehen ist, dass die Datenqualität von Nationen in frühen Entwicklungsstadien ohnehin oft schlechter ist, als etwa jene des Statistischen Bundesamts und es in dieser Arbeit nicht primär auf die Verfeinerung des Bestimmtheitsmaßes, sondern auf eine nachvollziehbare Erklärung spezieller Verläufe bzw. Abweichungen ankommt, werden solche Brüche nicht als Ausschlussgrund angesehen.

## **7.2 Identifikation von Ausreißern im GOMPERTZ-Modell**

Im vorangegangenen Kapitel wurde eine erste Modellschätzung auf Basis der Zeitreihendaten von 63 Ländern mit Hilfe der logistischen Funktion und der GOM-

PERTZ-Funktion vorgenommen und schließlich der GOMPERTZ-Funktion der Vorzug gegeben. Die nachfolgende **Abbildung 7.2** stellt diejenige GOMPERTZ-Funktion dar, deren Parameter zum höchstmöglichen Bestimmtheitsmaß führen und somit die in die Untersuchung eingeflossenen Beobachtungswerte bestmöglich repräsentiert. Die einzelnen Beobachtungswerte sind als Punktwolke dargestellt. Darüber hinaus sind die tatsächlichen Wachstumsverläufe einiger Länder (über deren jeweiligem GDP pro Kopf<sup>341</sup>) eingezeichnet, deren Residuen-Variation besonders groß ist, so dass ihr realer Wachstumsverlauf nur vergleichsweise schlecht durch die geschätzte GOMPERTZ-Funktion repräsentiert wird. Eine Tabelle mit den entsprechenden Einzelresiduen (vgl. **Tabelle A. 12**) befindet sich in Anhang C.



**Abbildung 7.2: Starke Abweichler von der GOMPERTZ-Kurve**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

Wie aus **Abbildung 7.2** hervorgeht, können verschiedenartige Gründe für eine unzureichende Beschreibung des Wachstumsverlaufs durch die geschätzte GOMPERTZ-Funktion vorliegen:

- (1) Land X liegt deutlich unterhalb der Kurve.
- (2) Land X liegt deutlich oberhalb der Kurve.
- (3) Land X liegt zunächst unterhalb der Kurve und wächst anschließend über die Kurve hinaus.

<sup>341</sup> GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar)

Zu (1):

Das tatsächliche Wachstum beginnt bei einem höheren GDP-Niveau als die GOMPERTZ-Kurve unterstellt. Infolgedessen ist die tatsächlich vorliegende Pkw-Dichte bei jedem gegebenen GDP-Wert geringer als der durch die GOMPERTZ-Funktion ermittelte Zusammenhang vorgibt. Eine mögliche Interpretation hierfür wäre, dass zum Erreichen einer gegebenen Pkw-Dichte ein höheres GDP pro Kopf benötigt wird als im Durchschnittsfall. Dieser Fall trifft auf Länder wie Südkorea und Dänemark zu. Der Fall Dänemark wird nachfolgend noch einmal aufgegriffen. Aus der für Südkorea vorliegenden langen Zeitreihe lässt sich aber ein annähernd S-förmiger Verlauf erahnen. So ist es möglich, dass das Wachstum in Südkorea erst bei einem erheblich höheren GDP-Niveau startete, grundsätzlich aber mit steigendem GDP einen typischen Sigmoid-förmigen Verlauf durchschreitet.

Zu (2):

Im zweiten Fall liegt das Gegenteil des Falls (1) vor. Für jedes gegebene GDP-Niveau ist die tatsächliche Pkw-Dichte höher als der funktionale Zusammenhang der GOMPERTZ-Funktion unterstellt. Für das Erreichen einer gegebenen Pkw-Dichte genügt demzufolge ein niedrigeres GDP pro Kopf als im Durchschnittsfall. In Abbildung 7.2 dargestellte Vertreter dieser Klasse sind die Staaten des Baltikums sowie Polen und Bulgarien. Zudem fällt bei diesen Staaten auf, dass sie ein deutlich stärkeres Dichte-Wachstum verzeichnen, als dies die Regel ist. Darüber hinaus ist auffällig, dass diese Staaten streckenweise keinerlei Abklingen des Pkw-Dichte-Wachstums zeigen, auch bei Erreichen von Dichten, bei denen ein Wachstumsrückgang bei Industrienationen in der Vergangenheit deutlich zu erkennen war.

Zu (3):

Das Wachstum startet – gemessen am benötigten GDP-Niveau – vergleichsweise spät, so dass das Land zunächst weit unterhalb der GOMPERTZ-Kurve liegt. Es ist aber fortan überdurchschnittlich stark, so dass die GOMPERTZ-Funktion schließlich geschnitten und überschritten wird. In Abbildung 7.2 trifft ein solches Wachstumsverhalten auf Griechenland und Portugal zu. Auch bei diesen Staaten ist ein klassischer Sigmoid-förmiger Verlauf nicht erkennbar.

Die Lage eines Landes (unterhalb oder oberhalb der GOMPERTZ-Kurve) ist unabhängig vom Vorliegen eines klassischen Sigmoid-förmigen Wachstumsverlaufs. Wie in Kapitel 3.2.3 im Theorieteil dieser Arbeit gezeigt wurde, kann durch Veränderung des Parameters  $a$  eine Links-/Rechts-Verschiebung der GOMPERTZ-Kurve herbeigeführt werden und damit eine Verringerung der Residuen und Verbesserung des Bestimmtheitsmaßes für ein einzelnes Land erzielt werden.

Weicht der tatsächliche Wachstumsverlauf demgegenüber erheblich von der, durch die GOMPERTZ-Funktion unterstellten, Sigmoid-Gestalt ab – etwa indem auch bei vergleichsweise hoher Pkw-Dichte, zu der gewöhnlich mit einem Abklingen des Wachstums zu rechnen wäre, ein steiles Wachstum folgt – so können theoretisch zwei Fälle vorliegen:

- (1) Land X befindet sich noch in einem frühen Wachstumsstadium und der Wendepunkt wurde noch nicht erreicht.
- (2) Der oftmals beobachtete idealtypische Zusammenhang zwischen Pkw-Wachstum und GDP pro Kopf-Wachstum ist bei Land X nicht ausgeprägt.

Zu (1):

Aus der Lage des Wendepunktes, der sich bei der GOMPERTZ-Funktion – wie in Kapitel 3.2.3 gezeigt – an der Stelle  $f(x) = \frac{M}{e} = 0.368 \cdot M$  befindet, ergibt sich die folgende Konsequenz: Wurde der Wendepunkt noch nicht erreicht, wird damit impliziert, dass das Sättigungsniveau mindestens etwa 2,7-mal so groß sein wird wie die aktuelle Pkw-Dichte. Zeigt ein Pkw-Markt also etwa bei einer Dichte von 400 Pkw pro 1.000 Einwohner noch zunehmendes Wachstum ohne erkennbares Abklingen, würde dessen langfristiges Sättigungslevel bei mindestens 1.080 Pkw pro 1.000 Einwohner liegen, sofern der Zusammenhang zwischen GDP pro Kopf und Pkw-Dichte in diesem Markt zufriedenstellend durch eine GOMPERTZ-Funktion beschrieben werden kann. Eine Pkw-Dichte im vierstelligen Bereich würde aber bedeuten, dass auf jeden Einwohner im Durchschnitt mehr als ein Pkw entfällt. Da die Gesamtbevölkerung auch Kinder und Senioren ohne Fahrerlaubnis enthält und zudem unrealistisch ist, dass im gesamten Bevölkerungsdurchschnitt jede Person

mehr als einen Pkw besitzt und vierstellige Pkw-Dichten weiterhin noch in keinem Ländermarkt beobachtet wurden, ist diese Option sehr unwahrscheinlich.

Zu (2):

Wesentlich eher dürfte der spezielle Ländermarkt wenigstens phasenweise nicht durch den geschätzten Durchschnittszusammenhang beschrieben werden können, weil ein Sondereffekt vorliegt, der bei dem Großteil der übrigen Untersuchungsländer entweder gar nicht oder aber einschneidend schwächer ausgeprägt ist. Solche Sondereffekte können unterschiedlich geartet sein und etwa folgende Konsequenzen hervorrufen:

- (1) Vorliegen eines schnelleren/langsameren Dichte-Zuwachses als bei gegebenem Pro-Kopf-GDP ‚normal‘.
- (2) Stattfindender Dichte-Zuwachs trotz stagnierender oder rückläufiger Pro-Kopf-GDPs.

Ursache für das Vorliegen von (1) könnten etwa vergleichsweise kostengünstige oder besonders kostenintensive Bezugs- oder Betriebsmöglichkeiten für Pkw sein. In Abbildung 7.2 ist zum Beispiel die sehr niedrige Pkw-Dichte Dänemarks, bezogen auf dessen Pro-Kopf-GDP, zu erkennen. Dänemark erhebt bei der Registrierung eines Pkw eine Zulassungssteuer, deren Höhe mindestens 105 Prozent des Kaufpreises beträgt, während in Deutschland, Tschechien und vielen weiteren Staaten überhaupt gar keine Zulassungssteuer erhoben wird.<sup>342</sup> So beträgt der Anschaffungspreis eines VW Golf in der einfachsten Ausstattungslinie mit anschließender Zulassung in Dänemark mindestens 209.989 DKK<sup>343</sup> (nach Umrechnungskurs vom 15.01.2014 etwa 28.143 Euro), während der Listenpreis in Tschechien bei 353.900 CZK<sup>344</sup> (nach Umrechnungskurs vom 15.01.2014 etwa 12.900 Euro) liegt.

Für (2) existieren verschiedene Möglichkeiten. DARGAY/GATELY (1999) sahen eine Anpassungsverzögerung zwischen GDP-Änderung und deren Wirkung auf die

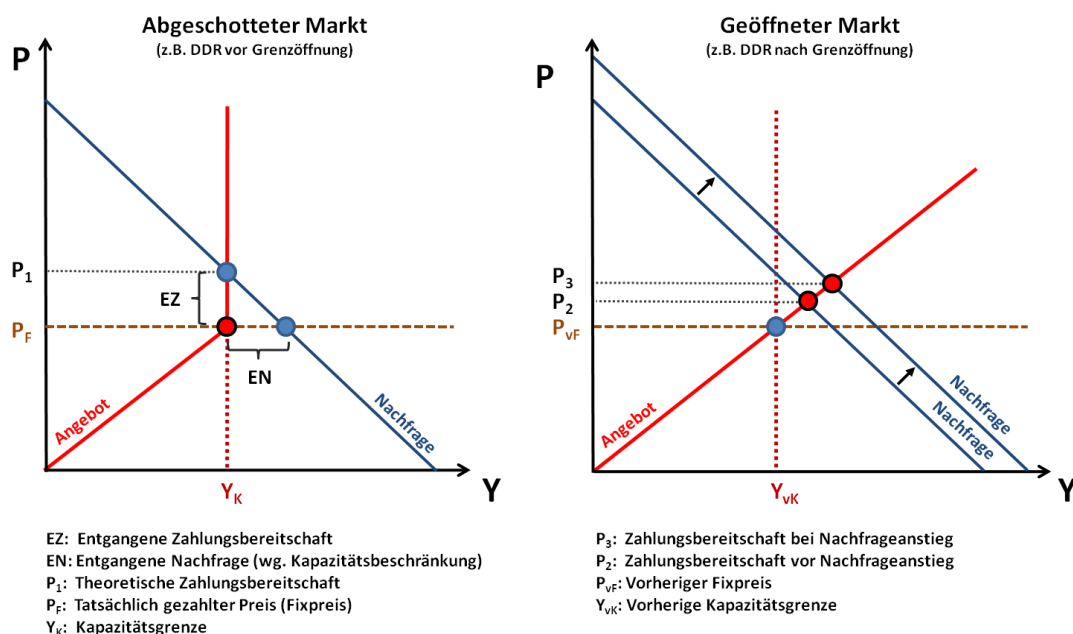
---

<sup>342</sup> Vgl. ACEA - European Automobile Manufacturer's Association (Hg.) (2012), S. 2–4

<sup>343</sup> Vgl. Volkswagen Danmark (Hg.) (2014), S. 1, DKK: Dänische Krone

<sup>344</sup> Vgl. Volkswagen Ceska Republika (Hg.) (2013), S. 1, CZK: Tschechische Krone

Pkw-Dichte vor, die das kurzfristige Auftreten solcher Effekte rechtfertigen sollte. Größere und längerfristige Effekte könnten aber auch an der Erschließung neuer Bezugsmöglichkeiten liegen bzw. durch Aufhebung von Marktzugangsbeschränkungen oder plötzliche Verbesserungen der Bezugskonditionen erklärbar sein. Ein Beispiel für eine solche plötzliche Erschließung des Marktzugangs ist etwa die DDR<sup>345</sup>, in welcher der Bezug eines Pkw bis zum Mauerfall trotz vorhandener Ersparnisse mit mehr als einem Jahrzehnt Wartezeit verbunden war.<sup>346</sup> Der Mauerfall war somit ein radikaler Einschnitt, der unvermittelt neue sofortige Bezugsquellen für neue und gebrauchte Pkw eröffnete, während die Ersparnisse für einen Pkw bei vielen noch nicht belieferten Trabant-Bestellern vorhanden und somit unabhängig von der aktuellen GDP-Situation waren. Die nachfolgende **Abbildung 7.3** illustriert einen solchen Fall in einem Marktdiagramm. Die linke Hälfte der Abbildung zeigt einen abgeschotteten Markt mit beschränkter inländischer Produktionskapazität und einem Pkw-Angebot zum Fixpreis. Der rechte Teil zeigt die veränderte Angebotsituation nach Markttöffnung (unbegrenztes Angebot). Die bereits bestehende höhere Nachfrage kann nun befriedigt werden und vorhandene Ersparnisse führen zu einer erhöhten Zahlungsbereitschaft und einem Nachfrageanstieg.



**Abbildung 7.3: Marktdiagramm mit und ohne Angebotsbeschränkung**

(Quelle: Eigene Darstellung)

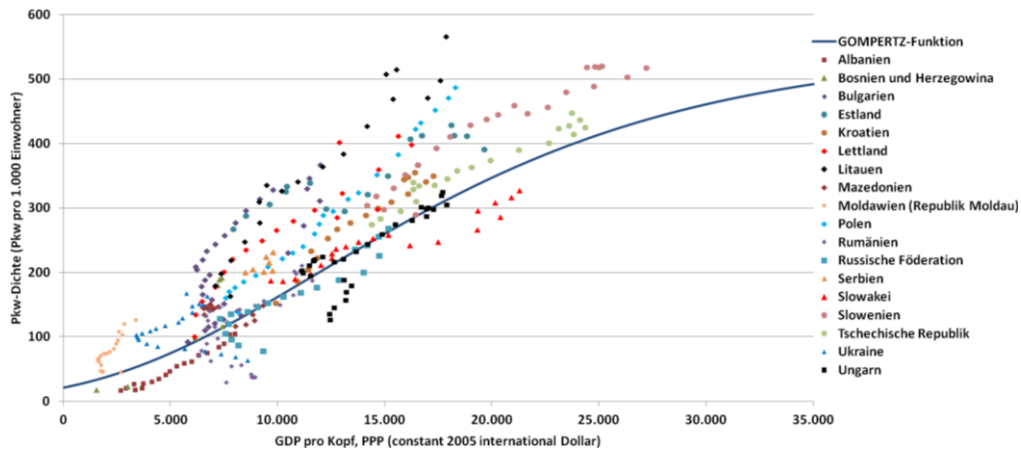
<sup>345</sup> DDR: Deutsche Demokratische Republik

<sup>346</sup> Vgl. Vensky (2011)



### 7.3 Untersuchung der Charakteristika regionaler Gruppen

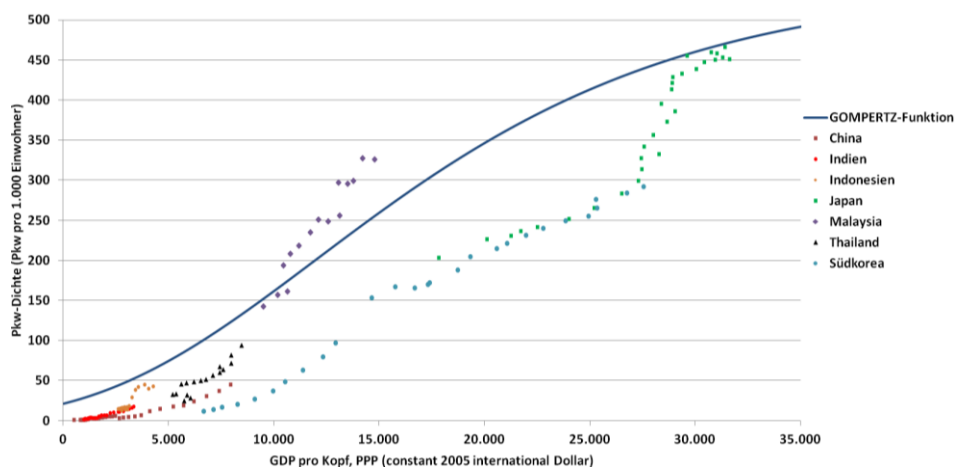
Im vorangegangenen Kapitel ist ein auffälliges Ergebnis der Untersuchung, dass es sich bei den stärksten Ausreißern in der Klasse der Länder oberhalb der GOMPERTZ-Kurve ausschließlich um osteuropäische Staaten handelt. Die nachfolgende **Abbildung 7.4** zeigt deren Beobachtungswerte.



**Abbildung 7.4: GOMPERTZ-Kurve und Beobachtungswerte: Osteuropa**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

Die Lage der osteuropäischen Beobachtungswerte steht in diametralem Gegensatz zur Lage derselben asiatischen Staaten. Wie die nachfolgende **Abbildung 7.5** zeigt, verlaufen einige bedeutende asiatische Länder, die Bestandteil der Untersuchung sind, deutlich unterhalb der Kurve. Eine Ausnahme hiervon bildet Malaysia.



**Abbildung 7.5: GOMPERTZ-Kurve und Beobachtungswerte: Asien**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

In Kapitel 7.2 wurde bereits auf die Interpretation der Lage oberhalb bzw. unterhalb der GOMPERTZ-Kurve eingegangen. In den nachfolgenden Unterkapiteln soll nun geprüft werden, ob sich die Beobachtungen für Osteuropa und Asien aus den voranstehenden Abbildungen (Abbildung 7.4 und Abbildung 7.5) durch eine weitere Schätzung, die nach Regionszugehörigkeit unterscheidet, bestätigen lassen.

Bereits in Kapitel 6.5 wurde darauf eingegangen, dass der Modellzusammenhang zwischen Pro-Kopf-GDP und Pkw-Dichte den möglicherweise sehr unterschiedlichen Anteil importierter Gebrauchtwagen zur Erreichung des Bestandswachstums außer Acht lässt. Um zunächst die Beobachtung der regionsabhängig unterschiedlichen Lage zur GOMPERTZ-Kurve zu überprüfen, wird die in Kapitel 7.1.3 geschätzte GOMPERTZ-Funktion in den nachfolgenden Kapiteln um Dummy-Variablen erweitert, die eine Länderzuordnung zu Osteuropa, Asien oder der Europäischen Union vornehmen. Die EU<sup>347</sup> wurde mit in die Untersuchung aufgenommen, da einige osteuropäische Staaten dieser beigetreten sind und die Handelsbedingungen in diesem Fall von jenen sonstiger Osteuropäer abweichen. Die nachfolgende **Tabelle 7.2** zeigt die osteuropäischen EU-Mitgliedsstaaten und deren Beitrittsjahr.

Land	Beitrittsjahr
Kroatien	2013
Bulgarien	2007
Rumänien	
Estland	2004
Lettland	
Litauen	
Malta	
Polen	
Slowakei	
Slowenien	
Tschechien	
Ungarn	
Zypern	

**Tabelle 7.2: Osteuropäische EU-Mitgliedsstaaten und deren Beitrittsjahr**

(Quelle: Generaldirektion für Kommunikation der Europäischen Kommission (Hg.) (2014))

<sup>347</sup> EU. Europäische Union

Sollten osteuropäische Staaten eine höhere Motorisierung mit geringerem GDP pro Kopf erreichen, also weniger finanzielle Mittel zur Steigerung der Motorisierung benötigen als ein Durchschnittsstaat, wie ihn die geschätzte GOMPERTZ-Funktion repräsentiert, so sollte sich dies in der Parameterschätzung niederschlagen. Dasselbe gilt für asiatische Staaten wie etwa China, Südkorea oder Indien. Sofern dort höhere Pro-Kopf-GDPs zum Erreichen vergleichbarer Pkw-Dichten benötigt werden, also ein höheres ‚Einstandskapital‘ für Bestandswachstum notwendig ist, sollte sich dies durch entsprechend abweichende Parameterwerte bemerkbar machen.

## 7.4 Erklärungsansatz der Osteuropa-Abweichung durch eine Dummy-Variable

Eine erste Überprüfung der Hypothese, ob die geographische Lage in Osteuropa oder eine Mitgliedschaft in der Europäischen Union neben dem Pro-Kopf-GDP einen zusätzlichen Erklärungsbeitrag liefert, erfolgt nun mit Hilfe von Dummy-Variablen. Zunächst werden zwei Dummy-Variablen gebildet. Der Dummy ‚OD‘ (Osteuropa-Dummy) trägt den Wert eins, sofern das jeweilige Land zu Osteuropa gehört und ansonsten null. Analog dazu ist der Dummy ‚EUD‘ (EU-Dummy) gleich eins, sofern das jeweilige Land im entsprechenden Betrachtungsjahr EU-Mitglied war oder in diesem Jahr der EU beigetreten ist und andernfalls null. Die Größen  $c$  und  $d$  sind die zu den beiden Dummy-Variablen gehörigen Parameter. Anschließend erfolgt nacheinander die Integration jeder Variablen einzeln (zusätzlich zur unabhängigen Variable ‚GDP pro Kopf‘) und schließlich beider Variablen gemeinsam. Die entsprechenden Schätz-Funktionen ergeben sich zu:

$$\text{Fall (1):} \quad f(M, a, b, c, x, OD) = M \cdot e^{-a \cdot b^x \cdot c^{OD}}$$

**Formel 7.1: GOMPERTZ-Funktion mit Osteuropa-Dummy**

$$\text{Fall (2):} \quad f(M, a, b, d, x, EUD) = M \cdot e^{-a \cdot b^x \cdot d^{EUD}}$$

**Formel 7.2: GOMPERTZ-Funktion mit EU-Dummy**

$$\text{Fall (3):} \quad f(M, a, b, c, d, x, OD, EUD) = M \cdot e^{-a \cdot b^x \cdot c^{OD} \cdot d^{EUD}}$$

**Formel 7.3: GOMPERTZ-Funktion mit Osteuropa und EU-Dummy**

$x$	GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar) in 1.000
$OD$	Osteuropa-Dummy
$EUD$	EU-Dummy
$M, a, b, c, d$	Parameter

Die nachfolgende **Tabelle 7.3** zeigt die Ergebnisse der Parameter-Schätzungen mittels nichtlinearer Regression.

Wert	Unabhängige Variable(n)			
	Ausgangsfall ohne Dummy-Variablen	Fall 1: mit Osteuropa-Dummy	Fall 2: mit EU-Dummy	Fall 3: mit Osteuropa-Dummy & EU-Dummy
M	545,727	550,154	553,090	558,312
a	3,265	4,453	3,115	4,202
b	0,906	0,899	0,914	0,906
c		0,652		0,663
d			0,842	0,869
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,832</b>	<b>0,858</b>	<b>0,835</b>	<b>0,860</b>

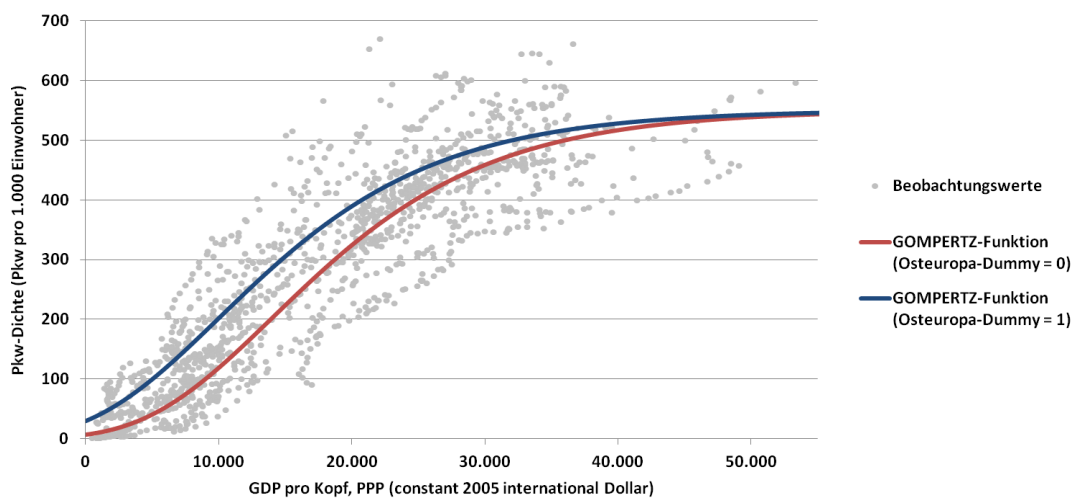
**Tabelle 7.3: Ergebnisse der Schätzungen mit Dummy-Variablen Fall (1) bis (3)**

(SPSS-Ausgaben siehe Anhang C)

Anhand des Bestimmtheitsmaßes  $R^2$  wird deutlich, dass das zusätzliche Einbringen des ‚Osteuropa-Dummies‘ im Fall (1) gegenüber der Dummy-freien ursprünglichen Schätzfunktion zu einem verbesserten Erklärungsgrad führt. Das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  steigt von 0,832 auf 0,858. Demgegenüber ist die sehr geringfügige Verbesserung, die der EU-Dummy in Fall (2) erzielt, vernachlässigbar. Auch durch das zusätzliche Hinzufügen des EU-Dummies, ergänzend zum Osteuropa-Dummy in Fall (3), wird nur eine marginale Verbesserung gegenüber Fall (1) erreicht.

Da die Pkw-Dichte einiger osteuropäischer EU-Mitglieder im Verhältnis zum Pro-Kopf-GDP auch vor deren EU-Beitritt schon hoch war, besteht die Möglichkeit, dass sich die durch eine EU-Mitgliedschaft entstehenden Vorteile für osteuropäische Staaten nicht signifikant auswirken. Es ist nachvollziehbar, dass Gebrauchtwagenimporte – je nach Kaufpreis – trotz weiterer Abgaben wie Zölle einen massi-

ven Kostenvorteil gegenüber Neuwagen bieten können. Somit könnte alleine der Zugang zu preisgünstigen Gebrauchtfahrzeugen schon deutliche Auswirkungen haben – auch ohne Freihandelszonen-Mitgliedschaft. Zudem beschränkt sich die Kennzeichnung mittels Dummy nicht auf junge osteuropäische EU-Mitglieder, sondern auch auf die langjährigen westeuropäischen. Die nachfolgende **Abbildung 7.6** zeigt die GOMPERTZ-Funktion (Fall (1)) mit zusätzlichem Osteuropa-Dummy für osteuropäische Staaten (Fall  $OD = 1$ ) und sonstige Staaten (Fall  $OD = 0$ ).



**Abbildung 7.6: GOMPERTZ-Kurve erweitert um Osteuropa-Dummy**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

Aus der voranstehenden Darstellung der GOMPERTZ-Funktionen für die unterschiedlichen Ausprägungen der Dummy-Variable wird deutlich, dass sich die Pkw-Dichte im Verhältnis zum Pro-Kopf-GDP in Osteuropa gegenüber anderen Staaten auf einem höheren Niveau bewegt. Der Parameter  $c$ , der einen positiven Wert kleiner eins annimmt, wirkt im Fall eines osteuropäischen Landes ( $OD = 1$ ) als multiplikativer Vorfaktor des ‚Rechts-Links-Verschiebungs‘-Parameters  $a$  und verkleinert diesen, was eine Linksverschiebung der Kurve zur Folge hat. Andernfalls ( $OD = 0$ ) wird  $c$  mit null potenziert und lässt  $a$  somit unverändert. Dieses Ergebnis bestätigt also den bereits aus Abbildung 7.4 gewonnenen Eindruck, dass Osteuropäer im Durchschnitt weniger Pro-Kopf-GDP zum Erreichen vergleichbarer Pkw-Dichten benötigen als andere Staaten.

Im nachfolgenden Kapitel wird nun überprüft, ob eine zusätzliche Abgrenzung asiatischer Staaten unter Zuhilfenahme einer ‚Asien-Dummy‘-Variable zu einer Ergebnis-Verbesserung im Sinne eines größeren Bestimmtheitsmaßes führt. Es soll also analog für asiatische Staaten festgestellt werden, ob sich der aus Abbildung 7.5 gewonnene Eindruck eines unterdurchschnittlichen Wachstums durch eine Parameterschätzung bestätigen lässt.

## 7.5 Erklärungsansatz mit Osteuropa- und Asien-Dummy

Im vorigen Kapitel wurde deutlich, dass die GOMPertz-Funktion für osteuropäische Staaten auf höherem Niveau verläuft als für die übrigen untersuchten Länder, zu denen auch die asiatischen Staaten der Untersuchungsgruppe gehören. Im Folgenden soll nun statt einer Zweiteilung in ‚Osteuropäer‘ und ‚Sonstige‘ eine Dreiteilung in ‚Osteuropäer‘, ‚Asiaten‘ und ‚Sonstige‘ durch Einführung einer zusätzlichen ‚Asien-Dummy‘-Variable realisiert werden. Dieses Hervorheben asiatischer Staaten neben osteuropäischen ist dadurch motiviert, dass im asiatischen Raum einzig Japan einen großen und entwickelten Pkw-Markt besitzt und somit einziger echter Angebotsmarkt für Gebrauchtwagen innerhalb Asiens ist. Ein lokaler Bezug von Gebrauchtwagenimporten dürfte für ostasiatische Staaten mit wenig entwickelten Pkw-Märkten also nur in einem sehr beschränkten Maße und wesentlich schlechter möglich sein, als im osteuropäischen Fall. Somit ist dort mit einem nahezu ausschließlich auf Neuwagen basierenden Wachstum zu rechnen. Damit geht ein höherer Kapitalbedarf einher, so dass höhere Pro-Kopf-GDPs zum Erreichen einer gegebenen Pkw-Dichte benötigt werden, als beispielsweise in Osteuropa.

Analog zur vorherigen Vorgehensweise nimmt die Asien-Dummy-Variable ‚AD‘ den Wert eins an, wenn die entsprechenden Wertepaare zu einem asiatischen Staat gehören und ist andernfalls null. Gegenüber der vorangegangenen Untersuchung kommen die Fälle (4) und (5) hinzu, wobei der Fall (4) neben dem Pro-Kopf-GDP nur den Asien-Dummy enthält und der Fall (5) zusätzlich den Osteuropa-Dummy umfasst.

Die zugehörigen Schätzfunktionen lauten:

Fall (4): 
$$f(M, a, b, d, x, AD) = M \cdot e^{-a \cdot b^x \cdot d^{AD}}$$

**Formel 7.4: GOMPERTZ-Funktion mit Asien-Dummy**

Fall (5): 
$$f(M, a, b, c, d, x, OD, AD) = M \cdot e^{-a \cdot b^x \cdot c^{OD} \cdot d^{AD}}$$

**Formel 7.5: GOMPERTZ-Funktion mit Osteuropa und Asien-Dummy**

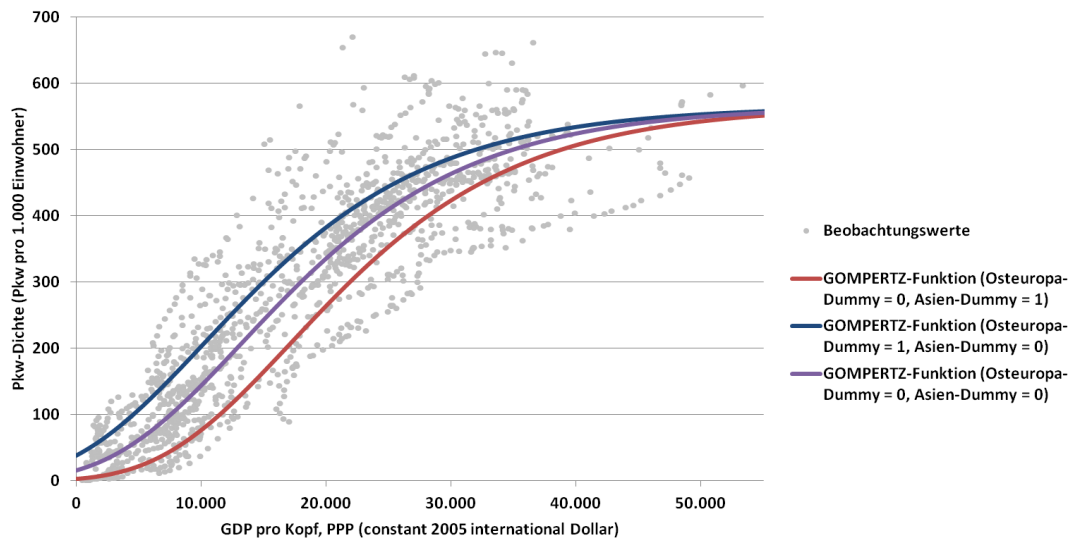
Die nachfolgende **Tabelle 7.4** zeigt die Ergebnisse der Parameter-Schätzungen mittels nichtlinearer Regression.

Wert	Unabhängige Variable(n)			
	Ausgangsfall ohne Dummy-Variablen	Fall 1: mit Osteuropa-Dummy	Fall 4: mit Asien-Dummy	Fall 5: mit Osteuropa- und Asien-Dummy
M	545,727	550,154	570,488	565,322
a	3,265	4,453	2,685	3,603
b	0,906	0,899	0,918	0,908
c		0,652		0,747
d			1,662	1,46
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,832</b>	<b>0,858</b>	<b>0,856</b>	<b>0,866</b>

**Tabelle 7.4: Ergebnisse der Parameter-Schätzungen: Fall (4) und (5)**

(SPSS-Ausgaben in Anhang C)

Anhand des Bestimmtheitsmaßes, das gegenüber dem Ein-Dummy-Fall, der nur Osteuropa berücksichtigt, von 0,858 auf 0,866 steigt, wird deutlich, dass der zusätzliche Erklärungsbeitrag durch den Asien-Dummy begrenzt ist. Dennoch zeigt die **Abbildung 7.7**, die anhand der Dummy-Variablen die Verläufe für osteuropäische, asiatische und sonstige Staaten unterscheidet, sehr anschaulich, dass in Osteuropa weniger und in Asien mehr Pro-Kopf-GDP zum Erreichen derselben Pkw-Dichte benötigt wird. Dies ist daran zu erkennen, dass die rote Asien-Kurve nach rechts und die blaue Osteuropa-Kurve nach links versetzt ist, gegenüber der lilafarbenen Kurve, die alle sonstigen Staaten repräsentiert.



**Abbildung 7.7: GOMPERTZ-Kurve erweitert um Osteuropa- und Asien-Dummy**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

In den vorangegangenen Schätzungen, die auf Dummy-Variablen zurückgegriffen haben, wirkte der Parameter der jeweiligen Dummies stets multiplikativ auf den ‚Rechts-Links-Verschiebungs‘-Parameter  $a$ , was eine regionsabhängige Links- oder Rechtsverschiebung der Kurve zur Folge hatte. Der Steigungsparameter  $b$  blieb dabei (jeweils innerhalb eines Falls) regionsunabhängig derselbe. So wurde etwa in Fall (5) ein gemeinsamer Parameter  $a = 3,603$  für alle Staaten geschätzt, der bei Vorliegen eines osteuropäischen Staates ( $OD = 1$ ) mit  $c = 0,747$  multipliziert und somit verkleinert wird und die in Abbildung 7.7 gezeigte Linksverschiebung der Kurve hervorruft. Demgegenüber erfolgt bei Vorliegen eines asiatischen Staates ( $AD = 1$ ) eine Multiplikation von  $a$  mit  $d = 1,46$ , was eine Vergrößerung von  $a$  und somit eine Rechtsverschiebung der Kurve zur Folge hat. Der Steigungsparameter bleibt in Fall (5) aber regionsunabhängig bei  $b = 0,908$ .

Nun sollen die Dummy-Variablen in einer modifizierten Modellgleichung als Koeffizienten des Steigungsparameters  $b$  der GOMPERTZ-Funktion wirken und hierdurch regionsspezifische Veränderungen dieses Parameters direkt sichtbar machen. Die Idee hierbei ist die Bildung eines Vorfaktors für den Parameter  $b$ , der diesen mindern, vergrößern oder unverändert lassen kann. Nachfolgende **Tabelle 7.5** zeigt neben den Schätzergebnissen für die Ermittlung regionsabhängiger Steigungsparameter auch eine modifizierte Version von Fall (5), bezeichnet als Fall (5b), in der  $c$  und  $d$  direkt als Koeffizienten auf den Parameter  $a$  wirken, gemäß der hier verwen-



deten Logik in Fall (6). Die Ergebnisse entsprechen dem ursprünglichen Fall (5), lediglich die Parameter  $c$  und  $d$  weichen ob der anderen Wirkungsweise ab.

Fall (5b): Dummies bilden einen Vorfaktor für  $a$  (also regionsspezifisches  $a$ ):

$$f(M, a, b, c, d, x, OD, AD) = M \cdot e^{-((1+c \cdot OD + d \cdot AD) \cdot a) \cdot b^x}$$

**Formel 7.6: Erste Modifikation der Formel 7.5**

Fall (6): Dummies bilden einen Vorfaktor für  $b$  (also regionsspezifisches  $b$ ):

$$f(M, a, b, c, d, x, OD, AD) = M \cdot e^{-a \cdot ((1+c \cdot OD + d \cdot AD) \cdot b)^x}$$

**Formel 7.7: Zweite Modifikation der Formel 7.5**

Wert	Unabhängige Variable(n)		
	Ausgangsfall ohne Dummy- Variablen	Fall 5b: Osteuropa- und Asien- Dummy wirken auf a	Fall 6: Osteuropa- und Asien- Dummy wirken auf b
M	545,727	565,322	554,024
a	3,265	3,603	3,514
b	0,906	0,908	0,906
c		-0,253	-0,021
d		0,46	0,028
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0,832</b>	<b>0,866</b>	<b>0,868</b>
a <sub>Asien</sub>	3,265	5,26	
a <sub>Osteuropa</sub>	3,265	2,69	
a <sub>Sonstige</sub>	3,265	3,603	
b <sub>Asien</sub>			0,9314
b <sub>Osteuropa</sub>			0,887
b <sub>Sonstige</sub>			0,906

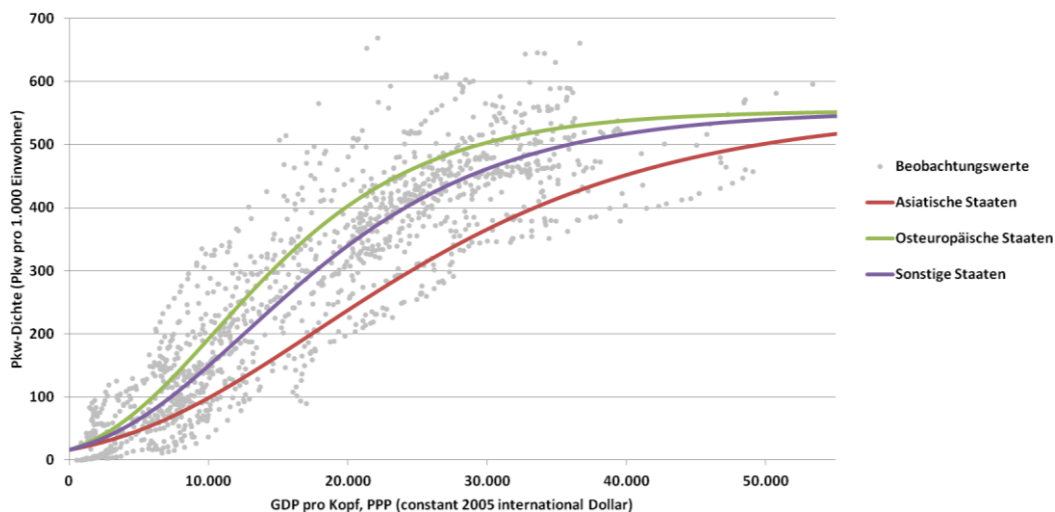
**Tabelle 7.5: Ergebnisse der Parameter-Schätzungen: Fall (5b) und (6)**

(SPSS-Ausgaben in Anhang C)

Fall (6), in dem der Steigungsparameter  $b$  vermindert oder erhöht wird, was zu einem schnelleren bzw. langsameren Wachstum bei zunehmendem Pro-Kopf-GDP führt, bietet mit einem Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,868$  eine geringfügige Verbesserung gegenüber der in Fall (5) vorgenommenen Einführung eines regionsspe-

zifischen ‚Links-Rechts-Verschiebungs‘-Parameters  $\alpha$  und mit dem höchsten beobachteten Bestimmtheitsmaß die deutlichste Verbesserung aller Ansätze.

Der negative Wert des Parameters  $c$  als Koeffizient des Osteuropa-Dummies führt im Fall  $OD = 1$  zu einer Multiplikation des Steigungsparameters  $b$  mit einem Wert kleiner eins und senkt  $b$  hierdurch von  $b = 0,906$ , wie in Tabelle 7.5 dargestellt, auf  $b_{Osteuropa} = 0,887$ . Diese Verringerung führt zu einem steileren Wachstum bei steigendem Pro-Kopf-GDP. Demgegenüber führt der Koeffizient  $d$  eine Erhöhung des Steigungsparameterwertes im Fall eines asiatischen Landes herbei, die ein geringeres Wachstum verursacht. Für sonstige Staaten bleibt  $b$  unverändert. Die nachfolgende **Abbildung 7.8** veranschaulicht die entsprechenden Funktionsverläufe bei länderspezifischem Steigungsparameter  $b_i$ .



**Abbildung 7.8: GOMPERTZ-Kurve mit regionsspezifischem Parameter  $b$**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

## 7.6 Resümee und Überleitung zur Einzelfallbetrachtung

Das vorliegende Kapitel 7 verfolgte das Ziel der Überprüfung, ob die Integration optionaler Dummy-Variablen in das erstmalig in Kapitel 7.1.3 geschätzte Grundmodell zu einer Modellverbesserung hinsichtlich des Erklärungsgrades führt. Hierzu wurden Dummy-Variablen eingeführt, die jeden Datensatz dahingehend kennzeichnen, ob das zugehörige Land zu Osteuropa, Asien, der Europäischen Union

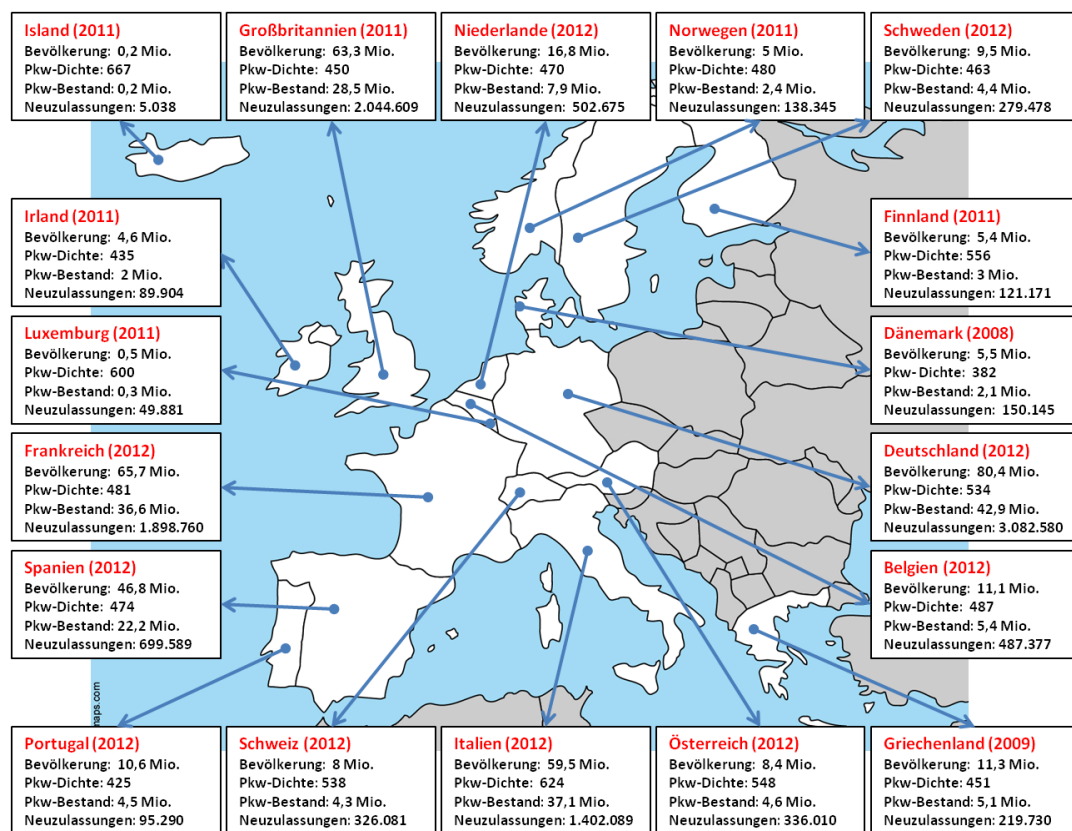
oder keiner dieser Gruppen gehört. Während die Kennzeichnung eines Landes als osteuropäischer Staat zu einer moderaten Verbesserung des Bestimmtheitsmaßes führte, stellte sich die Verbesserung des Erklärungsgrades durch eine Zuordnung zur Europäischen Union als vernachlässigbar heraus. Die Kombination der Dummy-Variablen für Osteuropa und Asien, die zu einer Dreiteilung des Datensatzes in osteuropäische, asiatische und sonstige Länder führt und somit drei regionsspezifische Kurvenverläufe impliziert, konnte das Bestimmtheitsmaß am deutlichsten steigern.

Hierbei wurden zwei Ansätze mit unterschiedlichen Angriffspunkten verfolgt. Beim ersten Ansatz – Fall (5) – bewirkten die geschätzten Dummy-Koeffizienten eine regionsspezifische Änderung des ‚Rechts-Links-Verschiebungsparameters‘  $a$ . Jede Ländergruppe (Osteuropa, Asien, Sonstige) erhielt somit ihren eigenen  $a$ -Parameter in der ansonsten identischen GOMPERTZ-Funktion, so dass sich drei regionsabhängig unterschiedliche Funktionen ergaben. Dieser Umstand wird durch die Modifikation des Falls (5) zu Fall (5b) besonders deutlich sichtbar. Aus Tabelle 7.5 geht die jeweilige Wirkungsrichtung der resultierenden regionsspezifischen  $a$ -Werte noch einmal explizit hervor. Das Bestimmtheitsmaß verbesserte sich gegenüber der Funktion ohne Dummy-Variablen von  $R^2 = 0,832$  auf  $R^2 = 0,866$ . Zwar ist dieser Erklärungszuwachs moderat, doch können die neugewonnenen Funktionen dahingehend interpretiert werden, dass das Pkw-Dichte-Wachstum in osteuropäischen Staaten im Durchschnitt schon bei niedrigeren Pro-Kopf-GDPs beginnt als in asiatischen oder sonstigen nicht-osteuropäischen Ländern. Einen Hinweis hierauf gibt der ‚Links-Rechts-Verschiebungs‘-Parameter  $a$ , der für Osteuropa erheblich niedriger ist als für Asien.

Der zweite Ansatz – Fall (6) – greift beim Steigungsparameter  $b$  an. Die Dummy-Variablen verursachen eine direkt sichtbare Verminderung oder Erhöhung des Steigungsparameterwertes, was sich in einer, durch die GOMPERTZ-Funktion ausgedrückten, Beschleunigung bzw. Reduktion der Wachstumsgeschwindigkeit mit zunehmendem Pro-Kopf-GDP ausdrückt. Auch hier entstehen drei GOMPERTZ-Funktionen, in denen sich lediglich der Parameter  $b$  regionsspezifisch unterscheidet, wie Tabelle 7.5 verdeutlicht. Das Bestimmtheitsmaß liegt mit  $R^2 = 0,868$  noch

etwas höher als im vorangegangenen Ansatz. Im Rahmen der Parameterschätzung zeigte sich ein geringeres  $b$  für osteuropäische Staaten und ein höheres  $b$  für asiatische Nationen als für die übrigen Untersuchungsländer. Bei der verwendeten Parametrierung der GOMPERTZ-Funktion bedeutet ein betragsgeringerer Wert für den Steigungsparameter  $b$  einen steileren Funktionsanstieg bei wachsendem GDP pro Kopf. Das Ergebnis lässt sich somit dahingehend interpretieren, dass asiatische Staaten bei steigendem Pro-Kopf-GDP ein durchschnittlich langsames Pkw-Dichte-Wachstum aufweisen als osteuropäische Staaten.

In Kapitel 6.5 wurde bereits diskutiert, dass Bestandswachstum nicht nur durch zugelassene Neuwagen, sondern auch durch – dem Markt von außen zugeführte – Gebrauchtwagen entstehen kann und dass diese zudem deutlich preisgünstiger sein können. **Abbildung 7.9** veranschaulicht die geographische Lage Osteuropas neben den weit entwickelten Pkw-Märkten des europäischen Wirtschaftsraums.

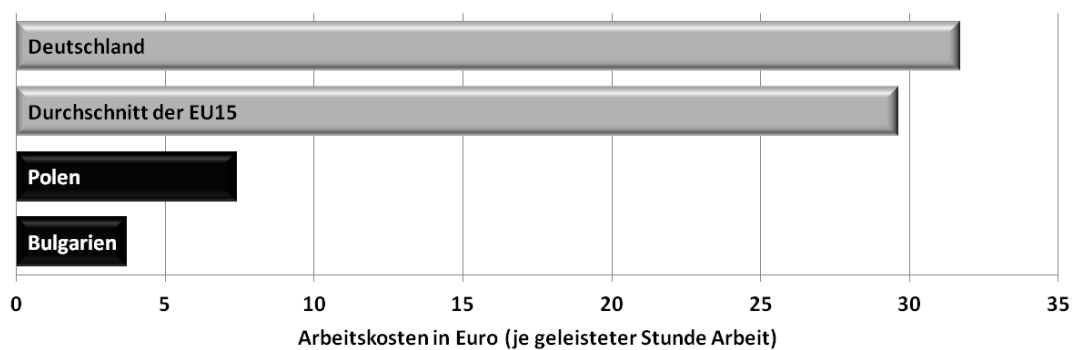


**Abbildung 7.9: Entwickelte Pkw-Märkte im (west-)europäischen Wirtschaftsraum**

(Quelle: Eigene Darstellung, Karte: d-maps.com, Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

Wie Abbildung 7.9 verdeutlicht, spricht die geographisch vorteilhafte Lage osteuropäischer Staaten, die gegenüber anderen Nationen in niedrigen Einkommensregionen ein Privileg darstellt, für ein stärker durch Gebrauchtwagenimporte getriebenes Wachstum. Die Nähe zu den zahlreichen reifen westeuropäischen Automobilmärkten, gemeinsame Grenzen und das starke soziale Gefälle sorgen für ein großes Gebrauchtwagenangebot, das aus Sicht Osteuropas in greifbarer Nähe gelegen ist.

Zudem sind die Arbeitskosten in Westeuropa verglichen mit osteuropäischen Staaten hoch. Die nachfolgende **Abbildung 7.10** zeigt die durchschnittlichen Arbeitskosten in der Privatwirtschaft je geleisteter Stunde Arbeit, die in der EU15 etwa viermal so hoch wie in Polen und achtmal so hoch wie in Bulgarien sind.<sup>348</sup>



**Abbildung 7.10: Arbeitskostenvergleich in der Privatwirtschaft**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: DESTATIS - Statistisches Bundesamt (Hg.) (2014))

Dieser Umstand schlägt sich insofern auch in einer divergierenden wirtschaftlichen Betriebsdauer von Pkw nieder, als gerade arbeitsintensive Reparaturen in osteuropäischen Staaten auch dann noch kostengünstig möglich sind, wenn sich vergleichbare Instandsetzungsmaßnahmen bei westeuropäischem Lohnniveau nicht mehr rentieren. Zur Möglichkeit des Transports über die Straße, per Transporter oder auf eigener Achse, wodurch eine Verschiffung und damit verbundene Kosten entfallen, kommen vergleichsweise günstige Handelsbedingungen – wie etwa entfallende Binnenzölle für osteuropäische EU-Mitgliedsstaaten (vgl. Tabelle 7.2) – hinzu.

<sup>348</sup> Vgl. DESTATIS - Statistisches Bundesamt (Hg.) (2014)

Darüber hinaus sorgen weitere moderierende Faktoren dafür, dass ältere Pkw in westeuropäischem Bestand für den dortigen Einsatz zunehmend weniger attraktiv werden und begünstigen damit deren Export in Märkte Osteuropas. So vermindert etwa die Einführung der Umweltzonen in Deutschland sukzessive den dortigen Einsatzbereich emissionsstärkerer Pkw.<sup>349</sup> Da Pkw mit schlechter FeinstaubEinstufung nicht mehr uneingeschränkt im gesamten Bundesgebiet eingesetzt werden dürfen, ist davon auszugehen, dass deren verringerter Nutzwert auch zu rückläufigen Marktpreisen führt. Infolgedessen stehen solche Pkw preisgünstig zum Export zur Verfügung und sind attraktiv für Märkte, die keine vergleichbare Einschränkung des Einsatzgebietes vornehmen. Ähnliches gilt für die Kfz-Steuer, die zum Beispiel im Fall der Bundesrepublik Deutschland die Attraktivität älterer Pkw senkt, indem sie Fahrzeuge mit schlechter Abgaseinstufung durch eine höhere jährliche Besitzsteuer sanktioniert, die von Schadstoffklasse und Hubraum abhängt.<sup>350</sup> Demgegenüber verzichten einige osteuropäische Staaten auf eine vergleichbare Abgabe.<sup>351</sup>

In Asien ist die Situation deutlich anders. Lediglich Japan weist dort mit etwa 466 Pkw pro 1.000 Einwohner im Jahr 2012 eine zum westeuropäischen Niveau vergleichbare Pkw-Dichte auf. In einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium befinden sich Malaysia und Südkorea mit einer Pkw-Dichte von 326 bzw. 292 im Jahr 2012 und besitzen gemeinsam etwa so viele Einwohner wie Deutschland.<sup>352</sup> Die übrigen Märkte stehen überwiegend erst am Anfang ihrer Entwicklung. Zudem sind die Größenverhältnisse in Asien deutlich anders als in Europa. Wachstumsmärkte wie China oder Indien, in denen jeweils mehr als eine Milliarde Einwohner leben, müssen extrem große Mengen an Pkw aufnehmen, um ihre Pkw-Dichte zu steigern. Der größte und einzige vergleichsweise entwickelte Markt Japan weist nur etwa ein Zehntel der Bevölkerung Chinas oder Indiens auf. Somit bleibt asiatischen Ländern ein zu osteuropäischen Staaten vergleichbares Importangebot an Gebrauchtwagen aus dem benachbarten Ausland verwehrt.

---

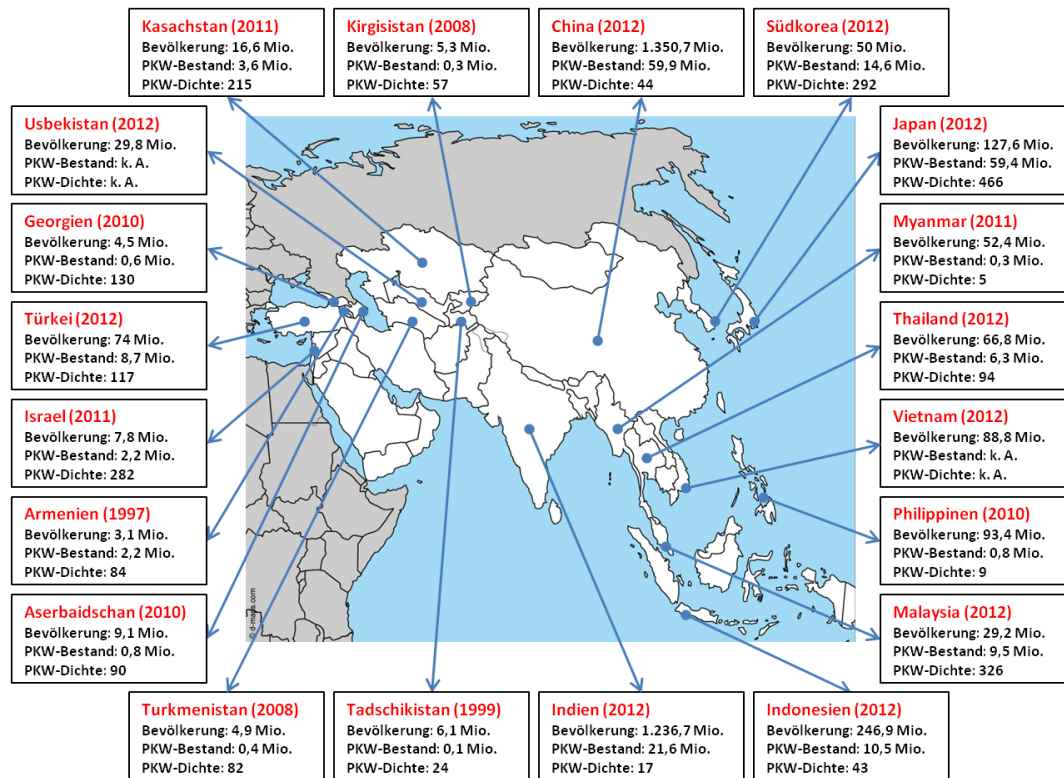
<sup>349</sup> Vgl. BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.) (2012)

<sup>350</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen - Zoll online (Hg.) (2014)

<sup>351</sup> Vgl. ACEA - European Automobile Manufacturer's Association (Hg.) (2012), S. 2–3

<sup>352</sup> Daten: VDA, Weltbank

Die nachfolgende Grafik **Abbildung 7.11** zeigt einige Märkte Asiens mitsamt ihrer Bevölkerungsstärke und Pkw-Bestände.

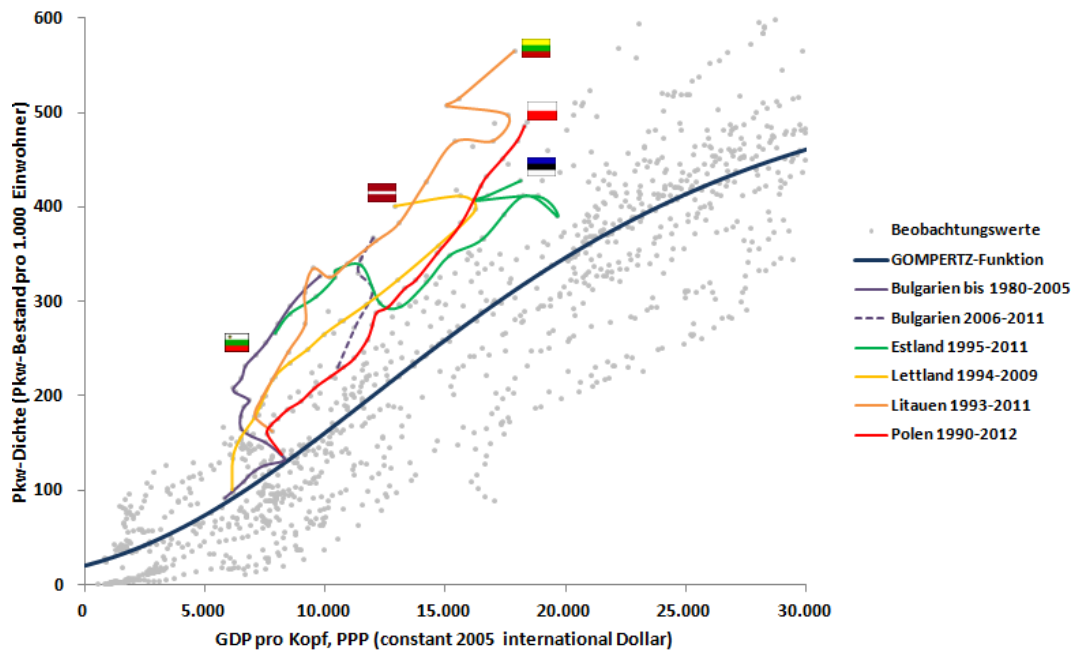


**Abbildung 7.11: Ausgewählte Pkw-Märkte Asiens**

(Quelle: Eigene Darstellung, Karte: d-maps.com, Daten: Weltbank und weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

Eine mögliche Ursache für die unterschiedliche Größe des benötigten Pro-Kopf-GDPs ist also der ungleiche Zugang zu Gebrauchtwagen aus dem (entwickelten) Ausland, die gegenüber Neuwagen erheblich kostengünstiger zu erwerben sind. Aufgrund der Verknüpfung zur geographischen Lage bleibt dieses Privileg asiatischen Staaten verwehrt.

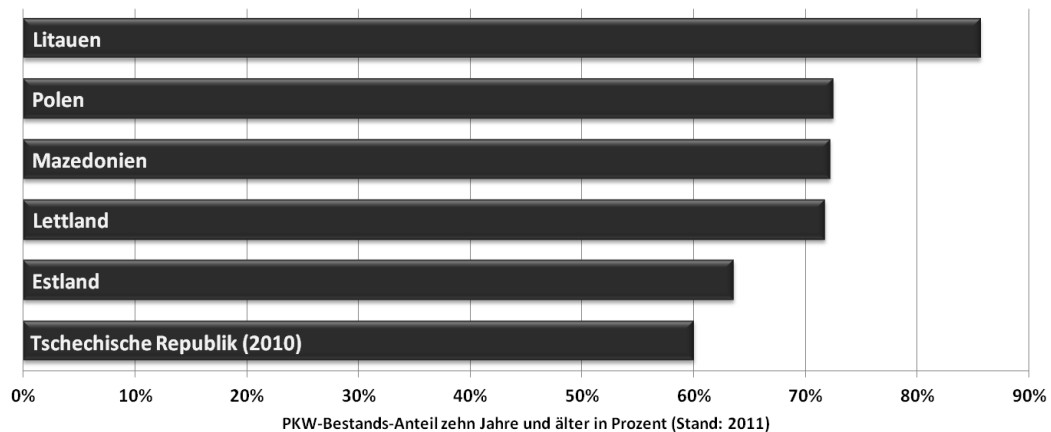
Die nachfolgende **Abbildung 7.12** zeigt noch einmal die Kurven der tatsächlichen Motorisierungsentwicklung in Polen, Bulgarien und den baltischen Staaten im Zeitverlauf bei steigendem GDP pro Kopf gegenüber der für alle Untersuchungsländer geschätzten GOMPERTZ-Funktion.



**Abbildung 7.12: Starke Abweichler von der GOMPERTZ-Kurve**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

Einen weiteren Hinweis auf einen möglichen Sondereffekt durch Wachstum über Gebrauchtwagenimporte älteren Baujahres gibt auch der hohe Bestandsanteil alter Pkw in einigen osteuropäischen Märkten, den **Abbildung 7.13** veranschaulicht.



**Abbildung 7.13: Pkw-Bestandsanteil zehn Jahre und älter (Stand: 2011)**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Eurostat)

Abbildung 7.13 zeigt diejenigen europäischen Pkw-Märkte, in denen mehr als 60 Prozent der Pkw zehn Jahre und älter sind. Hierbei handelt es sich ausschließlich um osteuropäische Staaten. In den sechs dargestellten Ländern bewegt sich der Anteil von Pkw ab zehn Jahren Alter zwischen 60 und 86 Prozent. Im Vergleich dazu



lag der Anteil in Deutschland bei etwa 36 und in Belgien bei nur 25 Prozent. Wie aus Abbildung 7.13 hervorgeht, gehören die in Abbildung 7.12 als besonders starke Abweichler vom Durchschnittsverlauf hervorgehobenen Staaten zu den hier dargestellten Ländern mit den höchsten Anteilen alter Pkw im Bestand. Polen und die Länder des Baltikums liegen in vorangegangener Aufstellung auf den ersten fünf Plätzen.<sup>353</sup> Längere Haltedauern und die Aufstockung des Pkw-Bestands mit älteren Fahrzeugen anstelle von Neuwagen lässt das Durchschnittsalter schneller steigen. Auf niedrige Arbeitskosten in Osteuropa und einen hierdurch späteren Eintrittszeitpunkt wirtschaftlicher Totalschäden wurde bereits eingegangen.

In diesem Kapitel wurde der aus der Erstschätzung des Modellzusammenhangs gewonnene Eindruck, dass osteuropäische Staaten weniger und asiatische Staaten mehr GDP pro Kopf zum Erreichen eines gegebenen Motorisierungsgrades benötigen als das ‚Durchschnittsland‘, durch Erweiterung der Funktion mit regionskennzeichnenden Dummy-Variablen erklärt. Mit der geographischen Lage, den Größenverhältnissen zwischen reifen Märkten und Wachstumsmärkten und den hohen Bestandsanteilen alter Pkw in Osteuropa – besonders in solchen Märkten, die als stark abweichend von der GOMPERTZ-Kurve auffielen – wurden Indizien angeführt, dass der Pkw-Dichte-Zuwachs dort zu signifikanten Teilen durch die Einfuhr kostengünstiger Gebrauchtwagen erfolgen könnte. Dies soll im Folgenden weiter untersucht werden. Aufgrund der schlechten Datenlage zur Anzahl importierter Gebrauchtwagen in solche Staaten erfolgt im nachfolgenden Kapitel 8 eine Fallbetrachtung des Landes Polen. Polen wurde neben den Staaten des Baltikums und Bulgarien als eine Nation mit ungewöhnlich starkem Pkw-Wachstum (vgl. Abbildung 7.2 und Abbildung 7.12) und gleichzeitig sehr hohem Anteil alter Pkw (vgl. Abbildung 7.13) identifiziert. Zudem ist es mit etwa 38 Millionen Einwohnern der bevölkerungsreichste dieser fünf Staaten.

---

<sup>353</sup> Daten: Eurostat, zu Bulgarien lagen keine Daten aus derselben Quelle vor.



## 8 Einzelfallbetrachtung Polen

Im Folgenden wird die Entwicklung des polnischen Pkw-Marktes in einer Fallbetrachtung näher beleuchtet. Nachfolgende Gründe waren für die Auswahl Polens ausschlaggebend:

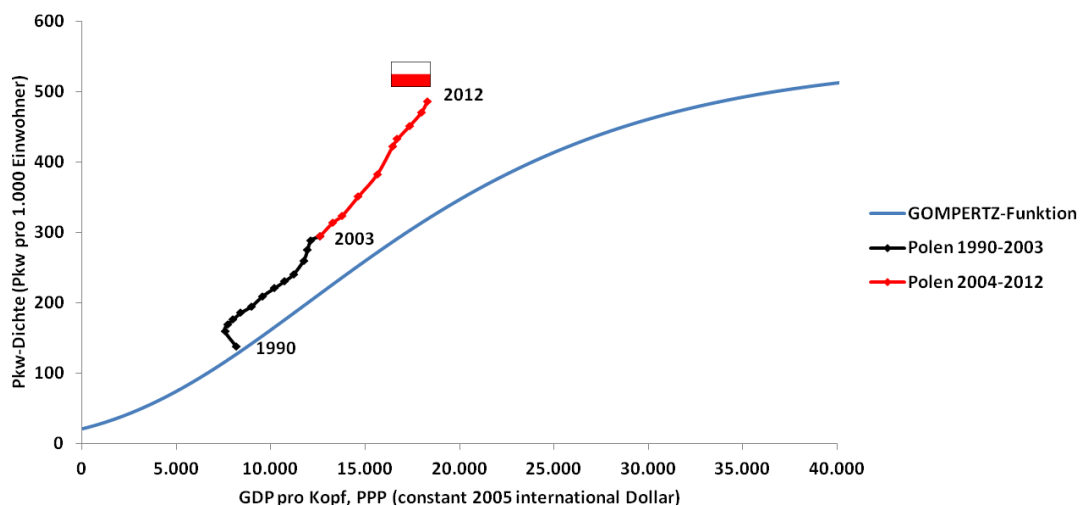
- (1) Polen ist mit etwa 38 Millionen Einwohnern bevölkerungsstärkstes Land der neuen EU-Staaten, die im Zuge der Osterweiterung der Europäischen Union beigetreten sind.
- (2) Abgesehen von Russland hat Polen damit den größten potentiellen Pkw-Markt Osteuropas und zudem gegenüber Russland den Vorteil einer bestehenden EU-Mitgliedschaft seit Mai 2004.
- (3) Die Lage Polens ist mit langer gemeinsamer Landesgrenze zur Bundesrepublik Deutschland, die den größten Pkw-Neuwagenmarkt und Pkw-Bestand Westeuropas besitzt und einer der größten Weltmärkte ist, geographisch vergleichsweise günstig.
- (4) Die Datenverfügbarkeit für osteuropäische Märkte ist in hohem Maße eingeschränkt oder nicht gegeben. Für Polen liegen hingegen Daten für Bestandsentwicklung, Neuzulassungen und sogar Gebrauchtwagenimportzahlen vor.
- (5) Die polnische Pkw-Bestandsentwicklung zeigt einen untypischen Verlauf. So weist Polen bei vergleichsweise niedrigem GDP pro Kopf eine hohe Motorisierung auf, deren Wachstum ungewöhnlich zügig vorstattenging, wie bereits Abbildung 7.2 in Kapitel 7.2 offenbarte.

### 8.1 Basis-Informationen und Rahmendaten zu Polen

#### 8.1.1 Die Entwicklung der Pkw-Dichte in Polen

Die nachfolgende **Abbildung 8.1** zeigt den tatsächlichen Pkw-Dichte-Verlauf Polens und die bereits im vorigen Kapitel geschätzte GOMPERTZ-Funktion. Es ist ein deutlicher Anstieg der Pkw-Dichte von 1990 auf 1991 bei rückläufigem GDP zu erkennen. Das könnte mit neuen Möglichkeiten durch den Fall des Eisernen Vor-

hangs ebenso begründet sein, wie in einer veränderten Erfassung und einem daraus hervorgegangenen Zeitreihenbruch. Fortan zeichnet sich zunächst ein in etwa paralleler Verlauf zur GOMPERTZ-Kurve ab, bevor ab 2004 die Distanz sukzessive wächst und die Pkw-Dichte-Entwicklung einen linearen bis exponentiell ansteigenden Trend zeigt, während das Wachstum der GOMPERTZ-Funktion bereits abzuklingen beginnt. Als Interpretation dieses Verlaufs lässt sich festhalten, dass Polen zunächst einmal ab 1991 ein geringeres Pro-Kopf-GDP zur Erreichung einer beliebigen Pkw-Dichte genügte als dem Durchschnitt der Untersuchungsländer. Zudem sinkt ab Beginn dieses Jahrtausends und speziell ab dem Jahr 2004 der zusätzlich benötigte GDP-Bedarf zur Steigerung der Pkw-Dichte. Wie die GOMPERTZ-Kurve in Abbildung 8.1 zeigt, ist bei dem zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Motorisierungsgrad gewöhnlich jedoch ein gegenteiliger Effekt zu beobachten.

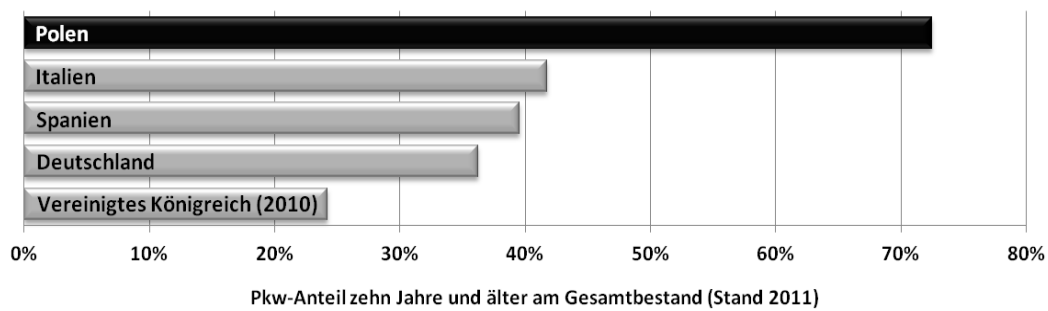


**Abbildung 8.1: Pkw-Dichte-Entwicklung Polens zwischen 1990 und 2012**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

### 8.1.2 Charakteristika des Pkw-Bestandes in Polen

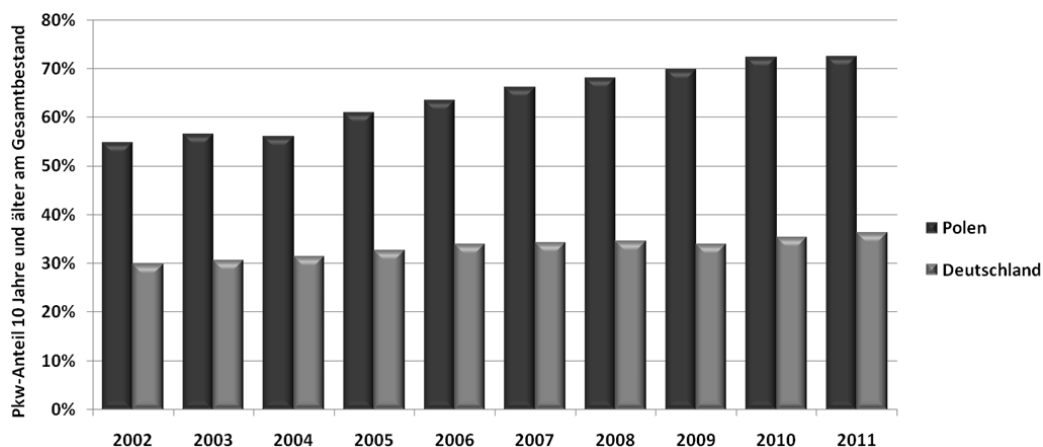
Wie bereits erläutert, weisen einige osteuropäische Länder einen deutlich höheren Anteil sehr alter Pkw als ihre westeuropäischen Nachbarmärkte auf. Die nachfolgende **Abbildung 8.2** zeigt den Anteil zehnjähriger und älterer Pkw im jeweiligen Ländermarkt im Vergleich zwischen Polen und großen westeuropäischen Märkten.



**Abbildung 8.2: Pkw-Bestandsanteil zehn Jahre und älter in großen Märkten Europas**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Eurostat)

Dieser Anteil lag im Jahr 2011 in Polen bereits bei etwa 72,5 Prozent und ist damit doppelt so hoch wie in Deutschland und etwa dreimal so hoch wie im Vereinigten Königreich. Die nachfolgende **Abbildung 8.3** zeigt die Anteilsentwicklung in einer Zeitreihe ab 2002 in Polen und Deutschland im Vergleich.



**Abbildung 8.3: Pkw-Bestandsanteil zehn Jahre und älter in Polen und Deutschland**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Eurostat)

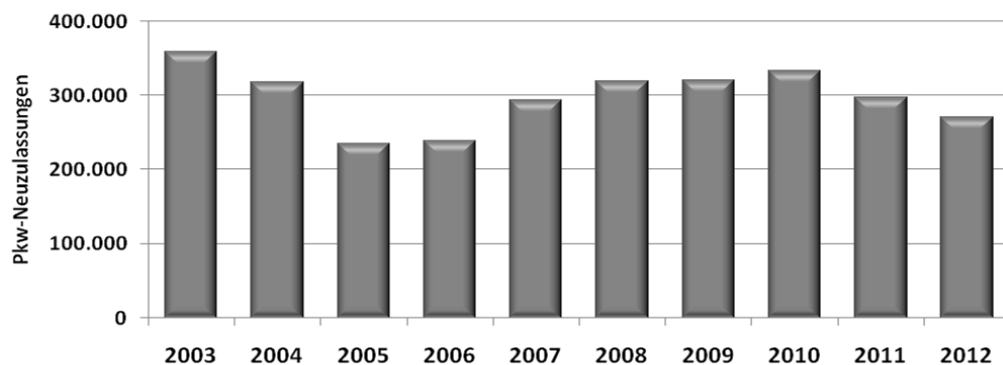
Es ist auch in Deutschland ein wachsender Anteil älterer Pkw zu erkennen. Dieser stieg von etwa 30 Prozent im Jahr 2002 auf rund 36 Prozent im Jahr 2011, in Polen ist der Anteil alter Pkw jedoch weitaus höher. Im Jahr 2012 waren nur etwa 22 Prozent der Pkw dort jünger als zehn Jahre. Nahezu die Hälfte war mindestens 16 Jahre alt und fast 30 Prozent sogar mindestens 20 Jahre alt.<sup>354</sup> Damit geht einher, dass das Durchschnittsalter der Pkw mit über 16 Jahren dort etwa doppelt so hoch wie in

<sup>354</sup> Vgl. Główny Urząd Statystyczny (Statistisches Amt Polen) (Hg.) (2013), S. 138

Deutschland (8,5 Jahre) liegt.<sup>355</sup> Eine Ursache für den im Allgemeinen leicht wachsenden Trend zu längeren Nutzungsdauern von Pkw kann die im Laufe der Zeit verbesserte Langzeithaltbarkeit und vor allem Rostvorsorge sein. So verfügte bereits das im Jahr 1997 in den Verkauf gestartete Volumenmodell VW Golf IV über eine vollverzinkte Karosserie.<sup>356</sup>

### 8.1.3 Wachstumscharakteristika des polnischen Pkw-Marktes

In der nachfolgenden **Abbildung 8.4** ist der Neuwagenabsatz der Jahre 2003 bis 2012 in Polen dargestellt, der – gemessen an der Pkw-Dichte und der Bevölkerungszahl von etwa 38 Millionen Einwohnern – vergleichsweise gering ist.



**Abbildung 8.4: Entwicklung der Pkw-Neuzulassungen in Polen 2003-2012**

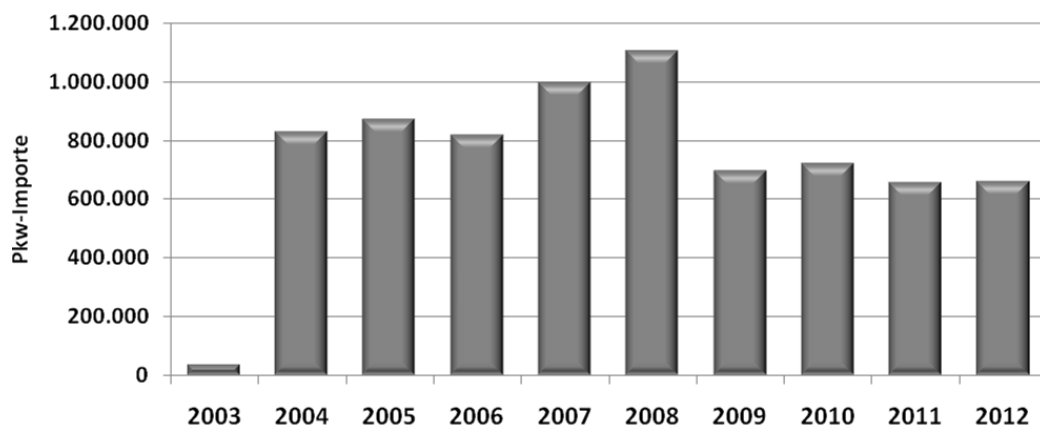
(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: ACEA)

Ein weitaus größerer Effekt auf den Bestandszuwachs ging – wie in der nachfolgenden **Abbildung 8.5** zu sehen – von Gebrauchtwagenimporten aus. Die Anzahl nach Polen importierter Gebrauchtwagen stieg rapide mit dem Beitritt Polens zur Europäischen Union zum 1. Mai 2004 an und blieb fortan auf durchgehend hohem Niveau. Die Anzahl der Gebrauchtwagenimporte für das Gesamtjahr 2003, die das polnische Finanzministerium mit etwa 35.000 Pkw beziffert, ist kaum größer als die Anzahl derjenigen Pkw, die alleine im Mai 2004, dem ersten Monat der EU-Mitgliedschaft, importiert wurden. Sie ist jedoch nicht repräsentativ für die davorliegenden Jahre. So führte eine im März 2002 eingeführte Steuererhöhung auf Ge-

<sup>355</sup> Vgl. Główny Urząd Statystyczny (Statistisches Amt Polen) (Hg.) (2013), S. 138, vgl. auch KBA - Kraftfahrt-Bundesamt (Hg.) (2013a)

<sup>356</sup> Vgl. Volkswagen Classic (Hg.) (2014)

brauchtswagenimporte zu mehr als 50.000 Importen in den ersten beiden Jahresmonaten 2002 und damit verbunden zu langen Wartezeiten an den deutsch-polnischen Grenzübergängen.<sup>357</sup> Das niedrige Niveau des Jahres 2003 ist somit auf die höhere Besteuerung von Importen und eine Zurückhaltung in Erwartung der Vorteile durch die bald folgende EU-Mitgliedschaft zurückzuführen.



**Abbildung 8.5: Entwicklung der Gebrauchtwagenimporte in Polen 2003-2012**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Finanzministerium Polens)

Die Importvolumina erreichten im Jahr 2008 ihren Spitzenwert seit dem EU-Beitritt. In besagtem Jahr erzielten auch die maximal vier Jahre alten Fahrzeuge mit 13,6 Prozent ihren bis dato höchsten Einfuhranteil. Insgesamt wurden etwa 1,1 Millionen Gebrauchtwagen im Jahresverlauf 2008 importiert.<sup>358</sup>

Jahr	Wechselkurs in der Preisnotierung (Zloty/Euro) am			
	01.01.	01.03.	01.06.	01.09.
2007	3,875	3,790	3,778	3,646
2008	3,565	3,401	3,293	3,754
2009	4,475	4,436	4,186	4,167

**Tabelle 8.1: Wechselkursentwicklung Zloty/Euro zwischen 2007 und 2009**

(Quelle: OANDA Corporation (Hg.) (2014))

Eine mögliche Ursache für diesen Höchststand und die insgesamt auf hohem Niveau aufgetretenen Schwankungen der Gebrauchtwagenimporte zwischen den Jah-

<sup>357</sup> Vgl. Thomsen (2002)

<sup>358</sup> Vgl. Polnischer Automobilindustrieverband (Polski związek przemysłu motoryzacyjnego)/Polnisches Finanzministerium (Hg.) (2011)

ren 2004 und 2012 könnte – wie in der voranstehenden **Tabelle 8.1** zu sehen – der Wechselkurs zwischen der polnischen Währung Zloty und dem Euro gewesen sein, der im Jahr 2008 infolge einer Aufwertung des Zloty aus polnischer Sicht besonders günstig war. Gegenüber dem Rekordjahr 2008 mit mehr als 1,1 Millionen Pkw, sank die Anzahl importierter Gebrauchtwagen im Jahr 2009 auf etwa 700.000 Einheiten.<sup>359</sup>

Zum einen ist wahrscheinlich, dass, wie bereits im Voranstehenden angeführt, die Abwertung des Zloty gegenüber dem Euro von 2008 die Importbereitschaft der polnischen Bevölkerung beeinflusste. So war dessen Wechselkurs am 1. Januar 2009 etwa 36 Prozent höher als noch ein halbes Jahr zuvor. Zum anderen sorgte in Deutschland im Jahr 2009 die sogenannte Abwrackprämie für eine Angebotsverknappung. Durch Bereitstellung von insgesamt fünf Milliarden Euro wurde mit einer Förderung von 2.500 Euro pro Fahrzeug ein Verschrottungsanreiz für mindestens neun Jahre alte Pkw bei gleichzeitigem Neukauf eines Neu- oder Jahreswagens geschaffen.<sup>360</sup> Durch dieses Prämienprogramm wurden in Deutschland zwei Millionen Gebrauchtwagen durch Verschrottung endgültig aus dem Bestand genommen und standen somit nicht mehr zum Export zur Verfügung. Alleine für das Jahr 2009 wurden fast 1,8 Millionen Altfahrzeuge erfasst. Das sind etwa 1,3 Millionen mehr als im Durchschnitt der fünf Vorjahre 2004-2008.<sup>361</sup>

Dabei war Deutschland keineswegs der einzige Staat, der durch finanzielle Anreize die Verschrottung älterer Pkw motivierte. Eine Übersicht über weitere Abwrackprogramme anderer Länder (vgl. Tabelle A. 9) ist Anhang B zu entnehmen. Die nachfolgende **Abbildung 8.6** zeigt, dass mit dem EU-Beitritt der Großteil der importierten Fahrzeuge auf die Altersklasse älter als zehn Jahre entfiel, also diejenige Fahrzeugaltersgruppe, deren Verschrottung durch verschiedenste Umweltprämien motiviert wurde. Im Jahr 2004 machte deren Anteil mehr als 70 Prozent aus. Im

---

<sup>359</sup> Vgl. Polnischer Automobilindustrieverband (Polski związek przemysłu motoryzacyjnego)/Polnisches Finanzministerium (Hg.) (2012)

<sup>360</sup> Vgl. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Hg.) (2010), S. 4, vgl. auch Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hg.) (2009)

<sup>361</sup> Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hg.) (2009), vgl. auch UBA - Umweltbundesamt; BMU - Bundesministerium für Umwelt, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.) (2012), S. 25



Laufe der Jahre stieg der Anteil der fünf bis zehnjährigen Pkw, so dass zuletzt beide Gruppen mit jeweils etwa 45 Prozent fast gleichgewichtig den Hauptteil der eingeführten Gebrauchtwagen stellten. Insgesamt wurden im Zeitraum zwischen dem EU-Beitritt am 1. Mai 2004 und dem 31. Dezember 2013 mehr als acht Millionen gebrauchte Pkw nach Polen importiert.<sup>362</sup>

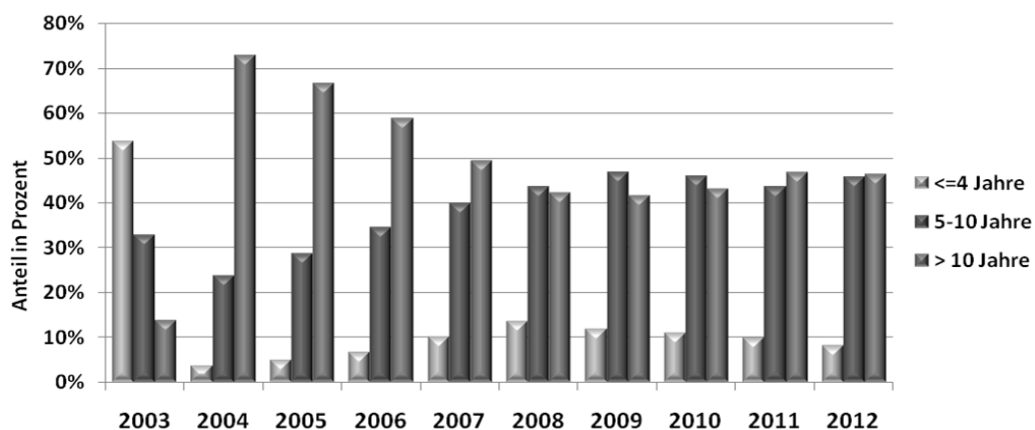


Abbildung 8.6: Altersstruktur der Gebrauchtwagenimporte nach Polen

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Finanzministerium Polen)

#### 8.1.4 Import- und Nutzungsbedingungen gebrauchter Pkw aus dem Ausland

Dass der Anteil importierter Gebrauchtwagen seit 2004 kontinuierlich zwischen knapp 70 und fast 80 Prozent der dem Markt insgesamt zugeführten Pkw liegt, macht die tragende Rolle eingeführter Fahrzeuge für das Bestandswachstum Polens deutlich. Der Beitrag neuzugelassener Pkw ist demgegenüber gering. Weitere Determinanten für die Schwankungen sind die Rahmenbedingungen, die seitens der polnischen Regierung gestellt und kurzfristig angepasst wurden. Es muss davon ausgegangen werden, dass auch die Änderungen dieser Rahmenbedingungen eine Steuerungswirkung entfalteten.

So wurde mit dem EU-Beitritt die bis dahin für Gebrauchtwagenimporte nach Polen verbindliche Mindesteinstufung in die Schadstoffklasse Euro II ebenso aufge-

<sup>362</sup> Vgl. Polnischer Automobilindustrieverband (Polski związek przemysłu motoryzacyjnego)/Polnisches Finanzministerium (Hg.) (2014)

hoben wie die vormals geltende Umsatzsteuer auf den Gebrauchtwagenkauf in Höhe von 22 Prozent.<sup>363</sup>

Als Reaktion auf den drastisch ansteigenden Gebrauchtwagenzufluss aus dem Ausland erfolgte Anfang 2006 die Einführung einer sogenannten verpflichtenden Ökologieabgabe in Form einer progressiven Verbrauchssteuer<sup>364</sup>. Der Steuersatz lag in Abhängigkeit von Hubraumgröße und Altersklasse des Fahrzeugs zwischen 3,1 und 65 Prozent des Kaufpreises. Dabei galt die Untergrenze von 3,1 Prozent für bis zu zwei Jahre alte Pkw mit weniger als zwei Litern Hubraum. Der Höchstsatz von 65 Prozent wurde für mindestens achtjährige Pkw mit bis zu zwei Litern Hubraum sowie mindestens siebenjährige Fahrzeuge mit größeren Hubräumen erhoben. Eine Vielzahl von Klagen gegen diese Vorgehensweise, die sich auf die Priorität des geltenden EU-Rechts beriefen, sah in der national getroffenen Regelung eine Diskriminierung von Produkten aus dem Ausland. Dies führte zu einer dahingehenden Änderung der Verbrauchssteuer, dass sich der Steuersatz ab dem 1. Dezember 2006 nur noch nach dem Hubraum richtete. Fortan wurden zwei Hubraumklassen unterschieden. Bei bis zu zwei Litern Hubraum wurden nun 3,1 Prozent und bei größerem Hubraum 13,1 Prozent fällig.<sup>365</sup>

Darüber hinaus wurde im Rahmen der Zulassung eine weitere Gebühr erhoben, deren Höhe an die Herkunft des Fahrzeugs geknüpft war. Bereits Mitte 2003 betrug diese 500 Zloty, wenn das Fahrzeug vorher im Ausland zugelassen war und andernfalls 75 Zloty. Die Mehrbelastung für Käufer von Gebrauchtwagen aus dem Ausland betrug damit im Anwendungszeitraum zwischen 90 und 110 Euro. Diese Regelung, die in ähnlicher Weise wie die Verbrauchssteuer aus dem Ausland stammende Gebrauchtwagen schlechter stellte, wurde am 15. April 2006 wieder aufgehoben. Anschließend entfiel die Differenzierung zugunsten einer einheitlichen Gebühr in Höhe von 75 Zloty.<sup>366</sup> Im Anwendungsjahr der Verbrauchssteuer 2006 war die Importzahl geringer als noch 2005. Nach Verbrauchssteuersenkung und Aufhebung der zulassungsbezogenen Gebührendifferenzierung stiegen die Importe im

---

<sup>363</sup> Vgl. Czech/Barcik (2007), S. 45

<sup>364</sup> Excise Tax/Duty wird hier und nachfolgend mit ‚Verbrauchssteuer‘ übersetzt.

<sup>365</sup> Vgl. Czech/Barcik (2007), S. 45–49

<sup>366</sup> Vgl. Czech/Barcik (2007), S. 49

Jahr 2007 und 2008 spürbar an. Die Hubraumstruktur des polnischen Pkw-Bestands lässt vermuten, dass die Differenzierung der Verbrauchssteuer nach Hubraum, die einen deutlich höheren Steuersatz für Fahrzeuge mit mehr als zwei Litern Hubraum erhebt, eine Steuerungswirkung besitzt. Im Jahr 2012 besaßen nur etwa sieben Prozent des Pkw-Bestandes in Polen einen Hubraum von mehr als zwei Litern. Die Hälfte aller dort zugelassenen Pkw verfügt über kleinere Hubräume zwischen 1,4 und zwei Litern.<sup>367</sup>

## 8.2 Gegenwärtige Import- und Rahmenbedingungen

Seit dem Jahr 2013 erhebt Polen eine Anschaffungssteuer, deren Steuersatz sich hubraumabhängig zwischen 3,1 und 18,6 Prozent bewegt. Die Besteuerung des Kraftstoffs ist im EU-weiten Vergleich sehr niedrig. Eine mit der deutschen Kfz-Steuer vergleichbare Besitzsteuer existiert nicht.<sup>368</sup>

Die Altersstruktur des Pkw-Bestands in Polen ist mit einem Durchschnittsalter von mehr als 16 Jahren und einem Anteil von rund 30 Prozent, der auf Pkw älter als 20 Jahre entfällt, extrem hoch.<sup>369</sup> Dieses beträchtliche Altersniveau lässt zunächst hohe Ausfallraten vermuten, demgegenüber begünstigen die fehlende Besitzsteuer und die bei Anschaffung eines Pkw fällige Zulassungssteuer eine längere Haltedauer bestehender Fahrzeuge. Zudem ermöglichen, wie in Kapitel 7.6 bereits erwähnt wurde, die niedrigen Arbeitskosten Reparaturen, die in Hochlohnländern aufgrund eines ‚wirtschaftlichen Totalschadens‘ nicht mehr durchgeführt würden.

## 8.3 Entwicklungsereinigung um den Gebrauchtwagenimporteffekt

Im Vorangegangenen wurde die Besonderheit des Motorisierungsverlaufs Polens, speziell ab dem EU-Beitrittsjahr 2004, aufgezeigt. Zudem wurde die Struktur des Pkw-Bestands analysiert und herausgestellt, dass das Pkw-Wachstum vornehmlich

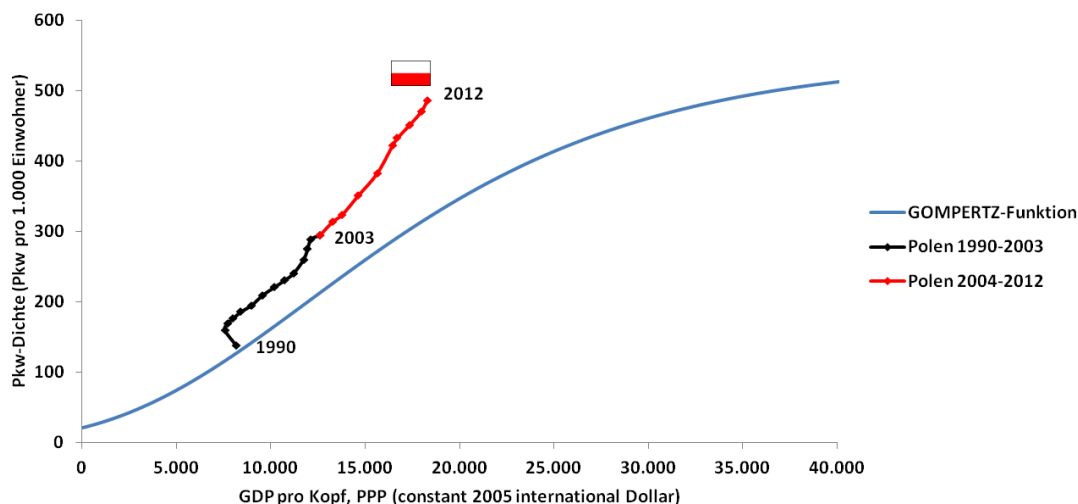
---

<sup>367</sup> Vgl. Główny Urząd Statystyczny (Statistisches Amt Polen) (Hg.) (2013), S. 135

<sup>368</sup> Vgl. ACEA - European Automobile Manufacturer's Association (Hg.) (2012), S. 2–4

<sup>369</sup> Vgl. Główny Urząd Statystyczny (Statistisches Amt Polen) (Hg.) (2013), S. 138

von Gebrauchtwagenimporten getrieben war und ist. Dies rechtfertigt sowohl die vergleichsweise hohe Pkw-Dichte im Verhältnis zum GDP pro Kopf, als auch den weiteren Anstieg seit dem Jahr 2004 mit zunehmender Distanz zur GOMPERTZ-Kurve, wie ihn die nachfolgende **Abbildung 8.7** verdeutlicht.



**Abbildung 8.7: Pkw-Dichte-Entwicklung Polens zwischen 1990 und 2012**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

Im Neunjahreszeitraum zwischen dem 31.12.2003 und dem 31.12.2012 wuchs die Pkw-Dichte Polens von 294,3 auf 486,3 Pkw pro 1.000 Einwohner an, was einem Bestandswachstum von 11,24 Millionen auf 18,74 Millionen entspricht. Zu diesem Wachstum trugen rund 7,3 Millionen importierte Gebrauchtwagen<sup>370</sup> und mehr als 2,6 Millionen Neuwagen<sup>371</sup> in den Jahren 2004 bis 2012 bei. Der fast dreimal so hohe Beitrag zum Bestandswachstum durch Gebrauchtwagenimporte gegenüber Neuwagen wirft die Frage nach dem tatsächlichen Ausmaß dieses Sondereffektes auf. Es gilt also zu klären, welches Pkw-Dichte-Niveau Polen am Ende des Jahres 2012 erreicht hätte, wenn nicht in derartigem Maße Zugriff auf Gebrauchtwagenimporte bestanden hätte, sondern der polnische Pkw-Markt ab dem 31.12.2003 wie ein Durchschnittsmarkt gewachsen wäre. Ziel der nachfolgenden Untersuchung ist eine hypothetische Bereinigung der Motorisierungsentwicklung Polens um diesen Sondereffekt, der durch das massive Ausmaß des Gebrauchtwagenimports hervorgerufen wurde.

<sup>370</sup> Vgl. Polnischer Automobilindustrieverband (Polski związek przemysłu motoryzacyjnego)/Polnisches Finanzministerium (Hg.) (2014)

<sup>371</sup> Vgl. ACEA - European Automobile Manufacturer's Association (Hg.) (2014)

Zur Bereinigung genügt dabei nicht allein die Subtraktion der etwa 7,3 Millionen Gebrauchtwagenimporte vom Bestand. Vielmehr ist von einer Substitution eines Teils der Neuwagenkäufe durch Gebrauchtwagenkäufe auszugehen. Eine detailliertere Problembetrachtung und Abschätzung des Ausmaßes dieses Effekts wird in Kapitel 8.3.2 vorgenommen. Zunächst steht die Veränderung der Pkw-Dichte zwischen dem Startzeitpunkt 31.12.2003 und dem Zielzeitpunkt 31.12.2012 im Fokus.

### 8.3.1 Einfache Anpassung mittels durchschnittlicher Elastizitäten

WANG/TETER/SPERLING (2011) verwendeten durchschnittliche Elastizitäten zur Prognose des Fahrzeugbestands Chinas, die sie aus ausgewählten Referenzländern ermittelten, denen sie in den gewählten Betrachtungszeiträumen Analogien zu China unterstellten.<sup>372</sup> In diesen Ländern wurde die durchschnittliche Einkommens-Elastizität der Pkw-Dichte zwischen Start-Dichte und Ziel-Dichte ermittelt. Detaillierter wurde hierauf in Kapitel 5.2.2 dieser Arbeit bereits eingegangen. Als eine erste Näherung der hypothetischen Pkw-Dichte Polens ohne ‚Gebrauchtwagen-Sondereffekt‘ sollen nun solche durchschnittlichen Elastizitäten herangezogen werden. Als Referenz-Elastizität wird die Elastizität eines Durchschnittslandes aus der in Kapitel 7.1.3 ermittelten GOMPERTZ-Kurve herangezogen. Die GOMPERTZ-Kurve ist nicht vollständig frei von Gebrauchtwagenimport-Effekten, da auch die Zeitreihen Polens und weiterer Osteuropäer selbst in deren Schätzung eingegangen sind. Sie bildet jedoch einen breiten Durchschnitt ab. Für die Ermittlung der GDP pro Kopf-Elastizität der Pkw-Dichte gilt folgende Formel:

$$\varepsilon = \frac{\frac{dy}{y}}{\frac{dx}{x}} = \frac{dy}{dx} \cdot \frac{x}{y}$$

**Formel 8.1: GDP pro Kopf-Elastizität der Pkw-Dichte (allgemein)**

$\varepsilon$	GDP pro Kopf-Elastizität der Pkw-Dichte
$y$	Pkw-Dichte
$x$	GDP pro Kopf <sup>373</sup>

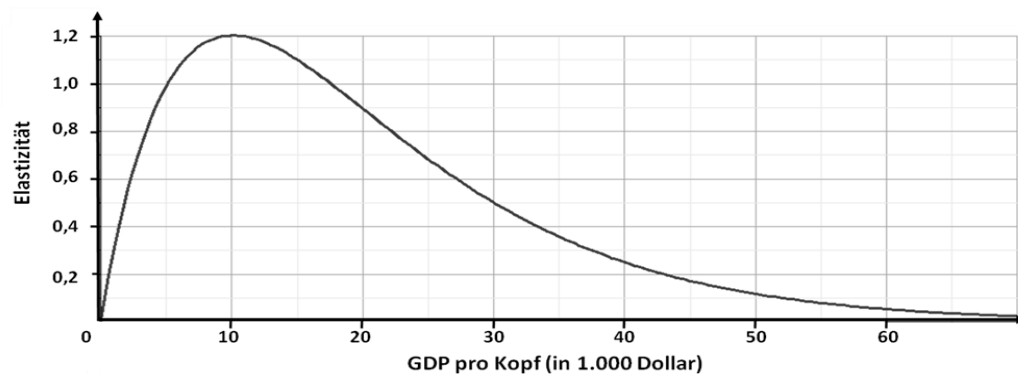
<sup>372</sup> Vgl. Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3296–3306

<sup>373</sup> GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar)

Die nachfolgende **Abbildung 8.8** zeigt den Elastizitätsverlauf der Dichte aus der in Kapitel 7.1.3 geschätzten GOMPERTZ-Funktion:<sup>374</sup>

$$\varepsilon = -a \cdot \ln(b) \cdot b^x \cdot x$$

**Formel 8.2: GDP pro Kopf-Elastizität der Pkw-Dichte**



**Abbildung 8.8: Elastizitätsverlauf der GOMPERTZ-Funktion**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Die vorangegangene Abbildung 8.8 zeigt für das Durchschnittsland einen Elastizitätsverlauf, der bis zum Erreichen seines Maximalwertes von etwa 1,2 bei einem Pro-Kopf-GDP von ungefähr 10.000 Dollar anwächst und fortan langsam abzuklingen beginnt. Zunächst werden drei verschiedene Elastizitäten ermittelt:

- (1) Die tatsächliche Elastizität Polens zwischen dem 31.12.2003 und dem 31.12.2012.
- (2) Die theoretische Elastizität aus der GOMPERTZ-Kurve aus obigem Zusammenhang, die zwischen den beiden Pkw-Dichte-Niveaus in einem Durchschnittsland vorläge.
- (3) Die theoretische Elastizität aus der GOMPERTZ-Kurve aus obigem Zusammenhang, die den jeweiligen GDP-Niveaus Polens in einem Durchschnittsland entspräche.

Zu (1): Die tatsächliche durchschnittliche Elastizität  $\varepsilon_1$  der Pkw-Dichte Polens gegenüber dem GDP pro Kopf zwischen 2003 und 2012 ist gemäß **Formel 8.1**:

<sup>374</sup> Die Herleitung des Elastizitätsverlaufs aus der Gompertz-Funktion befindet sich in Anhang D.

$$\varepsilon_1 = \frac{\frac{\partial y}{\partial x}}{\frac{y}{x}} = \frac{\frac{486,3-294,3}{294,3}}{\frac{18.304-12.615}{12.615}} = 1,45$$

Zu (2):  $\varepsilon_2$  ist die durchschnittliche Elastizität der Pkw-Dichte gemäß der GOMPERTZ-Funktion, die in einem Durchschnittsland beobachtet würde, während es von 294,3 auf 486,3 Pkw pro 1.000 Einwohner (der Pkw-Dichte Polens von 2003 auf dessen Dichte des Jahres 2012) wächst. Wie bereits erläutert, ist das benötigte GDP pro Kopf zum Erreichen der zu den Stichtagen vorliegenden Pkw-Dichten im Durchschnittsland deutlich höher als in Polen. Zunächst ist die Umkehrfunktion der GOMPERTZ-Funktion zu bilden, um von den Pkw-Dichten auf die hierfür gewöhnlich benötigten Pro-Kopf-GDP-Niveaus rückschließen zu können.<sup>375</sup>

$$x(y) = \frac{\ln\left(\frac{\ln\left(\frac{y}{M}\right)}{-a}\right)}{\ln(b)}$$

**Formel 8.3: Umkehrfunktion der GOMPERTZ-Funktion**

$y$	Pkw-Dichte (Pkw pro 1.000 Einwohner)
$x$	GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar)
$a$	„Links-Rechts-Verschiebungs“-Parameter
$b$	Steigungsparameter
$M$	Sättigungslevel

Nun wird der zur Start- und Ziel-Dichte jeweils zugehörige GDP pro Kopf-Wert (hier in 1.000 Dollar) aus dem funktionalen Zusammenhang ermittelt, der durch die GOMPERTZ-Funktion geschätzt wurde.

Für die Pkw-Dichte Polens von 2012 gilt:  $x(486,3) = \frac{\ln\left(\frac{\ln\left(\frac{486,3}{545,727}\right)}{-3,265}\right)}{\ln(0,906)} = 33,870$

Für die Pkw-Dichte Polens von 2003 gilt:  $x(294,3) = \frac{\ln\left(\frac{\ln\left(\frac{294,3}{545,727}\right)}{-3,265}\right)}{\ln(0,906)} = 16,870$

<sup>375</sup> Herleitung siehe Anhang D, Parameter gemäß Schätzung in Kapitel 7.1.3.

Hieraus folgt, dass in einem Durchschnittsland im Mittel ein GDP pro Kopf von 33.870 Dollar zum Erreichen einer Pkw-Dichte von 486,3 Pkw pro 1.000 Einwohner erforderlich ist. Ausgangspunkt ist dabei ein GDP pro Kopf von 16.870 Dollar für eine Pkw-Dichte von 294,3. Die durchschnittliche Elastizität zwischen den jeweiligen Pkw-Dichten Polens, die bei vorliegenden Pro-Kopf-GDPs eines Durchschnittslandes zwischen den tatsächlichen Pkw-Dichten gilt, ist gemäß Formel 8.1:

$$\varepsilon_2 = \frac{\frac{\partial y}{\partial x}}{\frac{y}{x}} = \frac{\frac{486,3-294,3}{294,3}}{\frac{33.870-16.870}{16.780}} = 0,65$$

Gegenüber dem tatsächlichen Verlauf Polens, repräsentiert durch die Elastizität  $\varepsilon_1$ , wird hier die große Diskrepanz zwischen den von einem Durchschnittsland und den von Polen tatsächlich benötigten Pro-Kopf-GDPs zum Erreichen der Start- und Ziel-Pkw-Dichte deutlich. Genügte Polen zum Erreichen der Pkw-Dichte von 294,3 zum 31.12.2003 etwa 75 Prozent des hierfür in einem Durchschnittsland benötigten Pro-Kopf-GDPs (12.615 Dollar gegenüber 16.870 Dollar gemäß GOMPERTZ-Kurve), so reichten für eine Pkw-Dichte von 486,3 zum 31.12.2012 nur etwa 54 Prozent davon aus (18.304 Dollar anstatt 33.870 Dollar).

Zu (3): Im dritten Fall wird jene durchschnittliche Elastizität  $\varepsilon_3$  gemäß GOMPERTZ-Funktionszusammenhang für das Durchschnittsland ermittelt, die ein solches zwischen den Pro-Kopf-GDPs Polens der Jahre 2003 und 2012 aufweist. Gegenüber Polen liegen im Durchschnittsland bei vergleichbar niedrigen GDP-Werten aber geringere Pkw-Dichten vor. Diese Elastizität ergibt gemäß Formel 8.1:

$$\varepsilon_3 = \frac{\frac{\partial y}{\partial x}}{\frac{y}{x}} = \frac{\frac{y(18.604)-y(12.615)}{18.604-12.615}}{\frac{y(12.615)}{12.615}} = \frac{\frac{319,3-213,2}{213,2}}{\frac{18.604-12.615}{12.615}} = 1,1$$

Die geringste Elastizität ist somit  $\varepsilon_2$ . Deren unelastischer Wert von 0,65 zeigt, wie auch Abbildung 8.8 veranschaulicht, dass das Dichte-Wachstum gewöhnlich erheblich weniger auf GDP-Zuwächse anspricht, als im Fall Polens, wo mit 1,45 ein elastischer Wert beobachtet wurde, der sich sogar oberhalb der maximalen Elastizität eines Durchschnittslandes bewegt. Im Fall  $\varepsilon_3$  liegt mit einem Wert von 1,1 ein elas-



tisches Verhalten unterhalb des Maximums vor, da Polen zum Ausgangszeitpunkt 2003 bereits über ein Pro-Kopf-GDP von 12.615 Dollar verfügte. Diese Elastizität ist zwar höher als  $\varepsilon_2$ , bei der Anwendung dieser Elastizität auf die Ausgangs-Pkw-Dichte Polens von 2003 muss aber betont werden, dass ein Durchschnittsland seine Pkw-Dichte in diesem GDP-Korridor nur von 213 auf 319 Pkw pro 1.000 Einwohner steigert.

$\varepsilon_1$  zeigt mit einem Wert von 1,45 die tatsächlich beobachtete Elastizität in Polen auf. Die nachfolgende **Abbildung 8.9** lässt das Ausmaß des Abweichens der realen Motorisierungsentwicklung unter Zuhilfenahme des Gebrauchtwagenimport-Sondereffekts von dem für das Durchschnittsland ermittelten Verlauf innerhalb des Pkw-Dichte-Bereichs (2) oder innerhalb des GDP-Korridors (3) erkennen. Abweichend von der tatsächlichen Pkw-Dichte in Höhe von 486,3 Pkw pro 1.000 Einwohner, die in Polen zum 31.12.2012 vorlag und den Sondereffekt des starken Wachstums über Gebrauchtwagenimporte enthält, können mit Hilfe der errechneten Elastizitäten für  $\varepsilon_2$  und  $\varepsilon_3$  nun (jeweils ausgehend vom vorliegenden Niveau zum 31.12.2003) hypothetische ‚bereinigte‘ Motorisierungsgrad-Szenarien nach folgender Formel ermittelt werden.

$$Y_{2012} = Y_{2003} \cdot \left( 1 + \varepsilon_i \cdot \frac{dX}{X} \right)$$

**Formel 8.4: Pkw-Dichte-Berechnung mittels durchschnittlicher Elastizitäten**

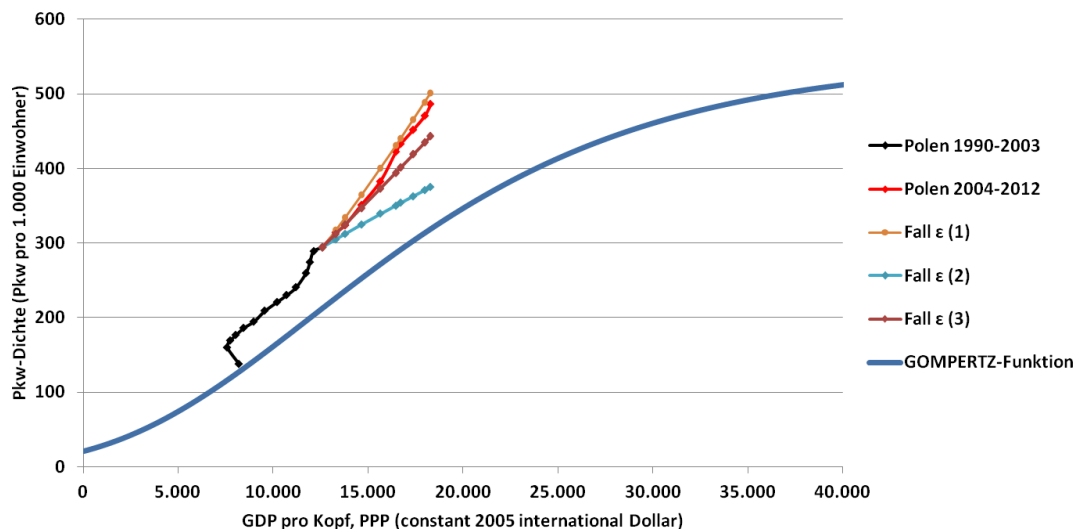
Für  $\varepsilon_2 = 0,65$  ergibt sich eine Pkw-Dichte von:

$$Y_{2012} = 294,3 \cdot \left( 1 + 0,65 \cdot \frac{18.604 - 12.615}{12.615} \right) = 385,1$$

Für  $\varepsilon_3 = 1,1$  folgt entsprechend:

$$Y_{2012} = 294,3 \cdot \left( 1 + 1,1 \cdot \frac{18.604 - 12.615}{12.615} \right) = 448,0$$

Abbildung 8.9 zeigt den realen Verlauf und die aus den jeweiligen Elastizitätsannahmen resultierenden hypothetischen Entwicklungen.



**Abbildung 8.9: Pkw-Dichte-Entwicklung Polens 1990-2012 (bereinigt ab 2004)**

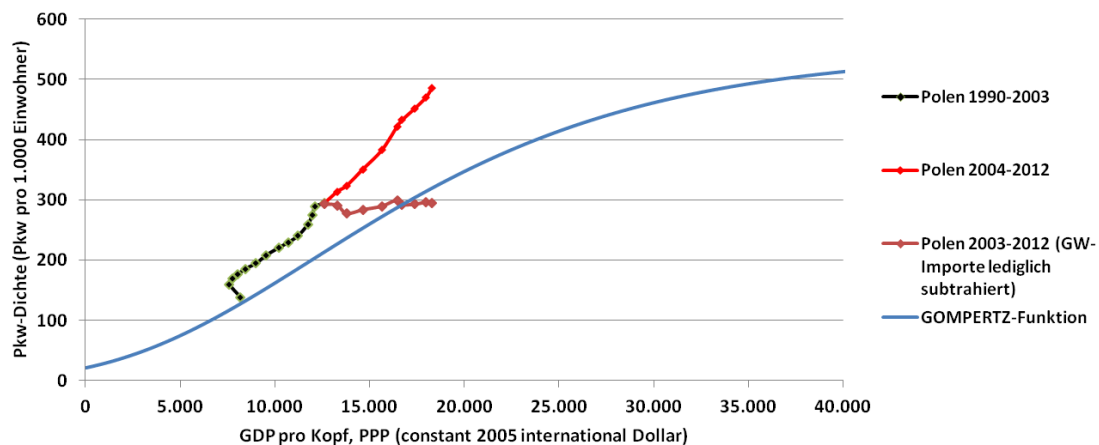
(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

Abbildung 8.9 verdeutlicht ebenfalls, dass die auf Basis von  $\varepsilon_2$  und  $\varepsilon_3$  ermittelten Pkw-Dichten erheblich unter dem tatsächlich erreichten Verlauf zurückbleiben. Anstelle der im Jahr 2012 in Polen beobachteten Pkw-Dichte von 486,3 Pkw pro 1.000 Einwohner, wären unter diesen Annahmen Dichten von 385,1 bzw. 448,0 erreicht worden. Beide Dichten wären, gemessen am GDP pro Kopf in Polen 2012, immer noch vergleichsweise hoch. Dies liegt aber auch darin begründet, dass auch das Ausgangsniveau im Jahr 2003 in Höhe von 294,3 gegenüber der in einem Durchschnittsland bei vergleichbarem Pro-Kopf-GDP vorliegenden Pkw-Dichte von 213 Pkw pro 1.000 Einwohner bereits deutlich erhöht war.

### 8.3.2 Bereinigung auf Basis der GOMPERTZ-Funktion

Nachdem für zwei verschiedene Szenarien näherungsweise hypothetische Ziel-Dichten über durchschnittliche Elastizitäten errechnet wurden, ist Ziel dieses Kapitels nun eine Bereinigung der Bestandszuwächse. Es wird näherungsweise ermittelt, welche Höhe die Anzahl der verkauften Neuwagen erreicht hätte, wenn der Sonder-effekt der Gebrauchtwagenimporte nicht zum Tragen gekommen wäre und Polen stattdessen wie ein durchschnittlicher Pkw-Markt gewachsen wäre. Hierbei wird die vereinfachende Annahme getroffen, dass die Anzahl der Gebrauchtwagenimporte in einem durchschnittlichen Pkw-Markt vernachlässigbar ist und ein Zuwachs ausschließlich über Neuwagen stattfindet. Wie bereits im vorigen Kapitel angedeutet, wird eine einfache Subtraktion der Anzahl importierter Gebrauchtwagen diesem

Ziel nicht gerecht, da davon auszugehen ist, dass es sich zumindest bei einem Teil der Gebrauchtwagenimporte um substituierte Neuwagenkäufe handelt. Die nachfolgende **Abbildung 8.10** zeigt einen hypothetischen Verlauf, bei dem lediglich die Anzahl zugelassener Gebrauchtwagenimporte vom Bestand subtrahiert wurde, gegenüber der tatsächlichen Pkw-Dichte-Entwicklung.



**Abbildung 8.10: Pkw-Dichte Polens bei Subtraktion importierter GW<sup>376</sup> ab 2003**

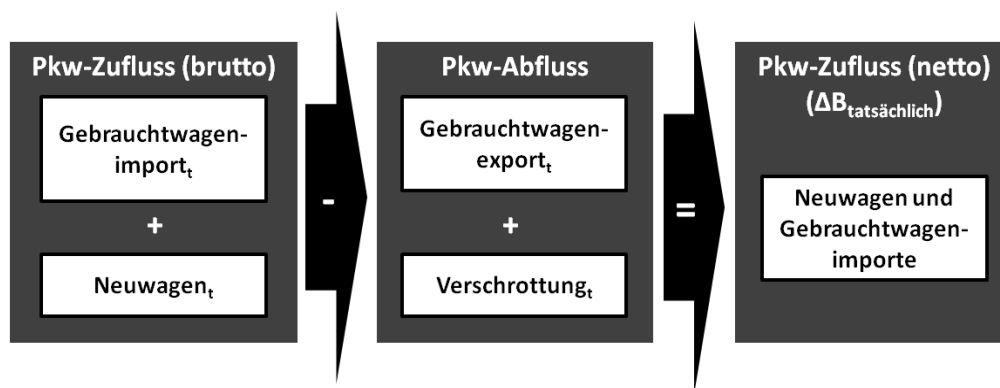
(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

Der nahezu stagnierende Verlauf, den die hypothetische Kurve in Abbildung 8.10 trotz eines durchschnittlichen jährlichen Pro-Kopf-GDP-Wachstums von etwa 4,2 Prozent beschreibt, unterstützt den Gedanken, dass keinesfalls die gesamte durch Gebrauchtwagenimporte gedeckte Bedarfsnachfrage bei Nichtverfügbarkeit entsprechender Importe ersatzlos entfallen wäre. Gleichmaßen unrealistisch ist die Annahme, dass die gesamte durch eingeführte Gebrauchtwagen gedeckte Nachfrage mit Neuwagen befriedigt worden wäre. Wie in Abbildung 8.6 gezeigt wurde, handelte es sich bei mehr als 90 Prozent der seit dem Jahr 2004 nach Polen importierten Gebrauchtwagen um mindestens fünf Jahre alte Pkw, wovon ein Großteil wiederum sogar mindestens zehn Jahre alt war. Hieraus wird deutlich, dass der Kaufpreis in der Regel weit unterhalb dessen gelegen haben muss, was für einen Neuwagen hätte investiert werden müssen.

Während im vorigen Abschnitt näherungsweise die Pkw-Dichte zum Ende des Jahres 2012 bestimmt wurde, wird nun abgeschätzt, welcher Anteil der Gebrauchtwagen

<sup>376</sup> GW: Gebrauchtwagen

genimporte einen Neuwagenkauf ersetzte (Substitute) und welcher Anteil ausschließlich aufgrund der preisgünstigen Verfügbarkeit von Gebrauchtwagen als Sondereffekt ermöglicht wurde und somit zum gewöhnlichen Bestandswachstum hinzukam. Aus dieser Unterscheidung ergibt sich schließlich ein hypothetischer Neuwagenabsatz. Die nachfolgende **Abbildung 8.11** zeigt noch einmal grafisch den formalen Wirkungszusammenhang zwischen Neuwagenzulassungen, Gebrauchtwagenimporten, Gebrauchtwagenexporten und Verschrottungen und deren Auswirkungen auf den Pkw-Bestand.



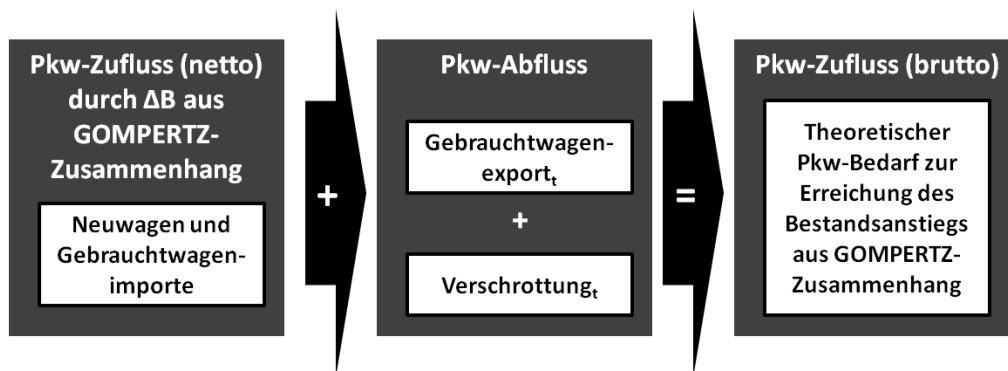
**Abbildung 8.11: Zusammenhang zwischen Flussgrößen im Pkw-Markt**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Für die Jahre 2004 bis 2012 liegen die Gebrauchtwagenimporte, die Neuwagenzulassungen und die jeweiligen Bestandsdifferenzen (Pkw-Netto-Zufluss) als Daten vor. Ein mittlerer Pkw-Abfluss als Quote am Gesamtbestand (also derjenige Bestandsanteil, der verschrottet oder exportiert wurde) lässt sich zudem aus den vorliegenden Daten ermitteln. Die Grundidee der Vorgehensweise besteht nun darin, den theoretischen, zu den jeweiligen GDP-Veränderungen zugehörigen Pkw-Dichte-Zuwachs aus der GOMPERTZ-Funktion zu ermitteln und diesen als tatsächlichen Pkw-Netto-Zufluss eines Durchschnittsmarktes ohne Gebrauchtwagenimport-Sondereffekt zu unterstellen.

Der Pkw-Abfluss wird näherungsweise auf Basis einer durchschnittlichen Quote am jeweiligen Pkw-Bestand ermittelt. Die Addition des theoretischen Netto-Zuflusses und des ermittelten Abflusses führt zum Pkw-Brutto-Zufluss, der als Neuwagenzulassungen verstanden wird. Wie eingangs bereits erläutert wird verein-

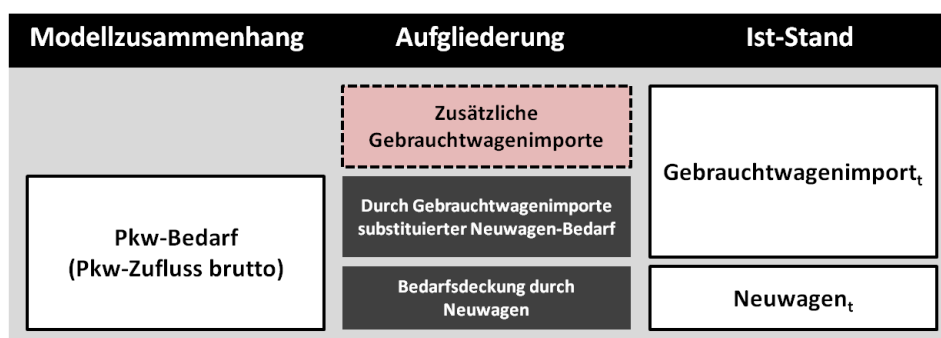
fachend angenommen, dass das Wachstum des fiktiven Durchschnitts-Pkw-Marktes ausschließlich aus Neuwagen besteht. Die nachfolgende **Abbildung 8.12** als Umformung des in Abbildung 8.11 gezeigten Zusammenhangs fasst diesen Rückschluss auf den Pkw-Brutto-Zufluss noch einmal grafisch zusammen.



**Abbildung 8.12: Theoretische Herleitung des Pkw-Zuflusses (brutto)**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Ist ein theoretischer Neuwagenzufluss über diesen Modellansatz ermittelt, so kann im Anschluss eine Aufteilung der Gebrauchtwagenimport-Ist-Daten in zwei Klassen vorgenommen werden. Solche Gebrauchtwagen, bei denen es sich um substituierten Neuwagenbedarf handelt und andere, die lediglich einer zusätzlichen Bedarfsdeckung dienen, die ohne ein entsprechendes Gebrauchtwagen-Importangebot ersatzlos entfallen wäre. Auf diese Weise wird deutlich, um welchen Anteil der Neuwagenabsatz zugunsten von Gebrauchtwagenimporten gemindert wurde. Die nachfolgende **Abbildung 8.13** veranschaulicht diesen Zusammenhang noch einmal grafisch.



**Abbildung 8.13: Zusammensetzung des tatsächlichen Pkw-Zuflusses**

(Quelle: Eigene Darstellung)

Zu diesen getroffenen Modellannahmen sind die folgenden einschränkenden Anmerkungen zu machen:

- (1) Durch die Annahme, dass sich Polen – abgesehen vom Sondereffekt – wie ein durchschnittlicher Pkw-Markt verhält, wird jegliches anormales Verhalten dem Gebrauchtwagenimport-Sondereffekt zugeschrieben. Das ist eine stark vereinfachende Annahme.
- (2) Die Unterstellung, dass in Polen kein Gebrauchtwagenexport und in einem Durchschnittsmarkt kein Gebrauchtwagenimport stattfindet, ist ebenfalls eine starke Vereinfachung.
- (3) Bereits zum Startzeitpunkt der Betrachtung, dem 31.12.2003, lag die Pkw-Dichte im Verhältnis zum GDP auf ungewöhnlich hohem Niveau. Das bedeutet, dass schon vor Beginn des hier verwendeten Betrachtungszeitraums Sondereffekte existierten. Da in Kapitel 7.4 keine deutliche Verbesserung des Bestimmtheitsmaßes bei einer Unterscheidung zwischen Ländern mit und ohne EU-Mitgliedschaft eintrat, bei der Unterteilung zwischen Osteuropa und Nicht-Osteuropa hingegen schon, könnte möglicherweise schon vor dem EU-Beitritt ein signifikanter Anteil des Bestandszuwachses durch Gebrauchtwagen aus dem Ausland entstanden sein. Dies kann mangels Datenverfügbarkeit hier jedoch nicht näher untersucht werden.

Die nachfolgende **Tabelle 8.2** fasst die kumulierten Neuzulassungen und Gebrauchtwagenimporte sowie den sich daraus ergebenden Brutto-Zufluss im Untersuchungszeitraum zusammen. Darüber hinaus zeigt sie, dass der Pkw-Abfluss durch Exporte und Verschrottung etwa 25 Prozent des Brutto-Zuflusses entsprach.

<b>Ist-Situation in Polen zwischen 31.12.2003 und 31.12.2012</b>	
Gebrauchtwagenimporte	7.338.558 (Quelle: Finanzministerium Polen)
Neuwagen	2.684.720 (Quelle: ACEA)
<b>Summe (Brutto-Zufluss)</b>	<b>10.023.278</b>
Bestandsdifferenz (Netto-Zufluss) zw. 31.12.2003 und 31.12.2012	7.499.200 (ca. 75% des Brutto-Zuflusses)
Pkw-Abfluss absolut zw. 31.12.2003 und 31.12.2012	2.524.078 (ca. 25% des Brutto-Zuflusses)

**Tabelle 8.2: Pkw-Fluss-Kennzahlen in Polen zwischen 31.12.2003 und 31.12.2012**

(Daten: Polnisches Finanzministerium, ACEA, eigene Berechnungen)

Für die theoretische Situation eines Durchschnittsmarktes wird aus dem GOMPERTZ-Zusammenhang ein Bestandszuwachs (Pkw-Netto-Zufluss) von 4,16 Millionen Pkw ermittelt. Zur Berechnung des Pkw-Brutto-Zuflusses ist noch die Anzahl der Pkw-Exporte und Verschrottungen im Betrachtungszeitraum zu addieren. Hierfür wird angenommen, dass dieser wie im tatsächlichen Fall bei etwa 25 Prozent des Pkw-Brutto-Zuflusses liegt. Die nachfolgende **Tabelle 8.3** zeigt die berechneten Größen.

<b>Soll-Situation gemäß Durchschnittsland aus GOMPERTZ-Zusammenhang</b>	
<b>Bestandszuwachs (Netto-Zufluss)</b> (Neuzulassungen + Importe – Exporte – Verschrottungen)	4.160.741
<b>Gebrauchtwagenimporte</b> (gemäß Annahme für den Durchschnittsmarkt)	0
<b>Exporte + Verschrottungen</b> (Annahme: Netto-Zufluss ist weiterhin 75% des Brutto-Zuflusses)	1.386.914
<b>Neuzulassungen (Brutto-Zufluss)</b>	<b>5.547.655</b> (= 4.160.741 - 0 + 1.386.914)

**Tabelle 8.3: Ermittlung des theoretischen Brutto-Zuflusses**

(Daten: Polnisches Finanzministerium, ACEA, eigene Berechnungen)

Es ergibt sich ein Brutto-Zufluss von etwa 5,55 Millionen Neuwagen, die unter den getroffenen Annahmen bei fehlendem Sondereffekt im Zeitraum 31.12.2003 bis 31.12.2012 gekauft worden wären. Hieraus lässt sich – wie in Abbildung 8.13 gezeigt – der Anteil substituierter Neuwagennachfrage durch Gebrauchtwagenimporte ermitteln. Darüber hinaus kann derjenige Pkw-Zufluss abgeschätzt werden, der nur durch die preisgünstige Verfügbarkeit von Gebrauchtwagen zustande kam und ansonsten entfallen wäre. Gemäß dieser Kalkulation, deren Ergebnisse die nachfolgende **Tabelle 8.4** zusammenfasst, hätte ein Brutto-Bestandszufluss von fast 4,5 Millionen Pkw ohne den Zugang zu Gebrauchtwagenimporten unter den gegebenen Voraussetzungen gar nicht stattgefunden. Diese Käufe wären gemäß den Modellannahmen vollständig entfallen.

Die Anzahl der Neuzulassungen wäre hingegen im Betrachtungszeitraum mit einem Plus von etwa 2,86 Millionen Pkw mehr als doppelt so hoch ausgefallen, wie in der Realität. Hieraus hätte sich ein Pkw-Bestand zum 31.12.2012 von etwa 15,4 Millionen ergeben, gegenüber dem tatsächlichen von 18,74 Millionen, was einer Pkw-

Dichte von 399,7 gegenüber den tatsächlichen 486,3 Pkw pro 1.000 Einwohner entsprochen hätte.

<b>Vergleich zwischen tatsächlicher Situation in Polen und Situation bei einem hypothetischen Normalverlauf, also einem Verlauf wie im Durchschnittsland</b>		
	<b>Normalverlauf</b> (gemäß Annahmen)	<b>Polen</b> (31.12.2003-31.12.2012)
Neuzulassungen	5.547.655	2.684.720
Gebrauchtwagenimporte	0	7.338.558
Durch Gebrauchtwagenkäufe substituierte Neuwagen-Nachfrage		<b>2.862.935</b> (= 5.547.655 - 2.684.720)
Zusätzlicher Gebrauchtwagenzufluss / tatsächlicher GW-Zufluss abzgl. Substituten		<b>4.475.623</b> (= 7.338.558 - 2.862.935)

**Tabelle 8.4: Substituierte Neuwagen- und zusätzliche Gebrauchtwagennachfrage**

(Daten: Polnisches Finanzministerium, ACEA, eigene Berechnungen)



## **9 Untersuchung der Einfuhrbedingungen ausländischer Pkw-Märkte**

Wie vorstehend gezeigt, erfolgte das Pkw-Bestandswachstum Polens im vergangenen Jahrzehnt größtenteils durch importierte Gebrauchtwagen. Aufgrund deren Altersstruktur (vgl. Abbildung 8.6) ist davon auszugehen, dass diese Pkw erheblich preisgünstiger erworben werden konnten, als vergleichbare Volumina an Neuwagen. Kapitel 8.3.2 verdeutlicht zudem, dass in einem Durchschnittsmarkt bei vergleichbarem GDP-Niveau ohne Zugriff auf kostengünstige Gebrauchtwagenimporte von einem erheblich niedrigeren Pkw-Zufluss ausgegangen werden muss. Das Ausmaß des preisgünstigeren Bezugs spiegelt sich auch in der Tatsache wider, dass auf einen zugelassenen Neuwagen in Polen zeitweise drei importierte Gebrauchtwagen entfielen.

Gleichwohl müssen für ein solches Wachstumsmuster einige Rahmenbedingungen erfüllt sein. Vor diesem Hintergrund wird im Folgenden untersucht, inwiefern auch in anderen Pkw-Märkten, die sich zu Beginn oder inmitten ihrer Entwicklung befinden, die Voraussetzungen für das beobachtete Wachstumsmuster gegeben wären. Dafür sind vor allem zwei Faktoren Bedingung. Zum einen muss die Angebotsseite, repräsentiert durch reife etablierte Pkw-Märkte, ein ausreichend großes und adäquates Fahrzeugangebot für den Export bereithalten. Zum anderen dürfen auf der Nachfrageseite der Einfuhr älterer und somit preisgünstiger Gebrauchtfahrzeuge keine restriktiven Einfuhrbedingungen des Nachfragelandes im Wege stehen, die den Import stark einschränken oder gar unterbinden. Daher ist der Fokus im Folgenden insbesondere auf mögliche Altershöchstgrenzen für Import-Pkw gerichtet, die einem Preisvorteil erheblich entgegenwirken oder die Einfuhr von Gebrauchtwagen gar vollständig verhindern könnten. Bei der Untersuchung der länderspezifischen Einfuhrbedingungen für Gebrauchtfahrzeuge wird eine regionale Aufteilung vorgenommen und darüber hinaus die innerhalb einer Region jeweilig geltende Verkehrsrichtung berücksichtigt.

## 9.1 Die Haupt-Exportmärkte

Als Haupt-Exportmärkte stehen auf der Angebotsseite vor allem die vergleichsweise reifen Triade-Märkte, in denen große Bestände an Pkw und leichten Nutzfahrzeugen vorhanden sind. In diesen hochmotorisierten Volkswirtschaften stehen zunehmend Umweltthemen im Fokus, was sich in der Ausgestaltung von Anreiz- und Sanktionssystemen äußert.

So wird in 21 Staaten der EU27 eine Zulassungssteuer erhoben, deren Höhe in 15 Fällen vollständig oder teilweise den CO<sub>2</sub>-Ausstoß als Bemessungsgrundlage verwendet. Zudem existiert in 20 Ländern der EU27 eine Besitzsteuer, die in Deutschland als sogenannte Kraftfahrzeugsteuer geführt wird. In elf Fällen richtet sich deren Höhe direkt oder indirekt nach dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß des jeweiligen Fahrzeugs.<sup>377</sup> Oftmals betreffen solche CO<sub>2</sub>-basierten Steuern jedoch nur die neuzugelassenen Fahrzeuge ab Einführung der Steuer und nicht den Bestand. So bestraft etwa die neue Kraftfahrzeugsteuer in der Bundesrepublik Deutschland für Pkw ab Erstzulassungsdatum 1. Juli 2009 neben einem höheren Hubraumvolumen auch einen höheren CO<sub>2</sub>-Ausstoß mit steigenden Kosten.<sup>378</sup> Vor dem 1. Juli 2009 erstmalig zugelassene Pkw werden hingegen weiterhin nach der alten Kraftfahrzeugsteuer besteuert, bei der sich die Steuerhöhe nach der Eingruppierung in eine Abgasklasse und Hubraumgröße berechnet, wobei der tatsächliche CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Kilometer Wegstrecke nicht direkt ausschlaggebend ist.<sup>379</sup> Eine ähnlich zukunftsgerichtete Maßnahme zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes ist die Verordnung (EG) Nr. 443/2009 der Europäischen Union. Durch diese werden Pkw-Hersteller zur Einhaltung von CO<sub>2</sub>-Emissions-Grenzwerten im Durchschnitt ihrer neuzugelassenen Pkw in der EU verpflichtet – andernfalls drohen ihnen Strafzahlungen.<sup>380</sup> Diese Maßnahme zwingt Hersteller somit zu Entwicklung, Produktion und Absatz effizienterer Fahrzeuge und lässt hierdurch automatisch nachfließende Pkw umweltfreundlicher sein.<sup>381</sup> Einen unmittelbaren Anreiz für Kunden, den bestehenden Pkw gegen einen neueren

---

<sup>377</sup> Vgl. ACEA - European Automobile Manufacturer's Association (Hg.) (2012), S. 2–3

<sup>378</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen (Hg.) (2013), S. 97–98

<sup>379</sup> Vgl. Bundesministerium der Finanzen - Zoll online (Hg.) (2014)

<sup>380</sup> Vgl. Europäische Union

<sup>381</sup> Vgl. BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.) (2013)

einzutauschen, schafft diese Verordnung jedoch nicht. Allenfalls kann die Aussicht auf geringere Treibstoffverbräuche und damit sinkende Betriebskosten den Austausch reizvoll machen. Dennoch verfolgen solche Maßnahmen das Ziel der Verjüngung des Fuhrparks zugunsten effizienterer und damit emissionsärmerer Pkw.

Im Folgenden wird unterstellt, dass Entwicklungsmärkte mit Linksverkehr vor allem rechtsgelenkte Pkw nachfragen, während Länder mit Rechtsverkehr Linkslenker beziehen. Zwar ist in sehr frühen Entwicklungsstadien auch denkbar, dass die Seite des Steuers für das Motorisierungsgrundbedürfnis weniger entscheidend ist, hier wird dennoch davon ausgegangen, dass primär für den eigenen Verkehrstyp geeignete Fahrzeuge nachgefragt werden und alles Andere eine Ausnahme bildet.

### 9.1.1 Reife Rechtslenker-Märkte

Die bestandsgrößten reifen Einzelmärkte mit Linksverkehr mit einem gemeinsamen Bestand von etwa 109 Millionen Pkw sind in der nachfolgenden **Tabelle 9.1** aufgeführt.

Land	Pkw-Bestand (2012)	Pkw-Dichte (2012)
Japan	60 Mio.	466
Vereinigtes Königreich (UK)	31,5 Mio.	498
Australien	12,9 Mio.	569
Neuseeland (2011)	2,65 Mio.	597
Irland (2011)	1,95 Mio.	426

**Tabelle 9.1: Bestandsgrößte reife Pkw-Märkte mit Linksverkehr**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: UNECE, VDA, Weltbank)

Japan besitzt nicht nur einen mehr als doppelt so großen Pkw-Bestand wie das Vereinigte Königreich, sondern ist darüber hinaus mit etwa 8,55 Millionen produzierten Pkw<sup>382</sup> bei 4,57 Millionen Neuzulassungen im Jahr 2012<sup>383</sup> der einzige Neuwagen-Netto-Exporteur der fünf genannten Rechtslenker-Märkte.

<sup>382</sup> Vgl. VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2013), S. 225

<sup>383</sup> Vgl. VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2013), S. 309

Während das Vereinigte Königreich und Australien über eine geringe Produktion verfügen, die nicht ansatzweise die eigene Neuwagennachfrage deckt, besitzen Neuseeland und Irland keine lokale Fertigung.<sup>384</sup> Neuseeland ist und war selbst großer Gebrauchtwagenimporteur. So gibt der neuseeländische Automobilverband das Bestandsdurchschnittsalter mit über 13 Jahren an und beschreibt das Straßenbild als geprägt von japanischen Fahrzeugen der 1980iger und 1990iger Jahre. Von den 143.000 im Jahr 2012 importierten Pkw, die überwiegend aus Japan kamen, waren 42 Prozent Gebrauchtwagen.<sup>385</sup> Vor diesem Hintergrund steht in dieser Arbeit als Exporteur rechtsgelenkter Fahrzeuge ausschließlich Japan im Vordergrund.

Japan exportierte im Jahr 2012 gut eine Million gebrauchte Pkw.<sup>386</sup> Häufigste Ziele japanischer Gebrauchtwagenexporte waren laut japanischer Zollbehörde im Jahr 2013 Russland, Myanmar, Neuseeland, Chile, die Vereinigten Arabischen Emirate, Südafrika, Kenia, Mongolei, Malaysia und Kirgisistan.<sup>387</sup> Der Transport in diese Zielländer ist aber nicht zwangsläufig gleichbedeutend mit einem endgültigen dortigen Verbleib der Fahrzeuge. Vielmehr ist ein Weiterexport möglich. Auffällig ist an dieser Stelle, dass Russland zu den Hauptabnehmern gehört, trotz gegensätzlicher Verkehrsrichtung. Eine mögliche Erklärung ist jedoch die geographische Nähe zwischen Japan und dem Hafen Wladiwostok in Russland. Dass Chile zu den Exportzielen gehört, zeigt zudem, dass auch lange Transportwege dem Bezug von Export-Pkw aus dem Ausland nicht im Wege stehen müssen.

### 9.1.2 Reife Linkslenker-Märkte

Die bestandsgrößten reifen Märkte mit Rechtsverkehr sind die übrigen Triade-Staaten (außer Japan), also Nordamerika (USA/Kanada) und Westeuropa (mit Ausnahme von Großbritannien, Irland und Malta). Diese sind in der nachfolgenden **Tabelle 9.2** aufgeführt.

---

<sup>384</sup> Vgl. VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2013), S. 225

<sup>385</sup> Vgl. The New Zealand Automobile Association (Hg.) (2014)

<sup>386</sup> Vgl. JUMVEA - Japan Used Motor Vehicle Exporters Association (Hg.) (2013)

<sup>387</sup> Vgl. JEVIC - Japan Export Vehicle Inspection Center Co. Ltd. (Hg.) (2014)

Land	Pkw-Bestand (2012)	Pkw-Dichte (2012)
Vereinigte Staaten von Amerika (USA)	ca. 240,6 Mio. (Pkw und leichte Nutzfahrzeuge)	765,8
Kanada	20,5 Mio.	589,8
Westeuropa (EU15+EFTA-Staaten mit Rechtsverkehr)	ca. 178 Mio.	512,9
<i>davon Deutschland</i>	<i>43,4 Mio.</i>	<i>540,2</i>

**Tabelle 9.2: Bestandsgrößte reife Pkw-Märkte mit Rechtsverkehr**

(Daten: VDA, Weltbank, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

In Summe entfällt auf diese Staaten ein Gesamtbestand von etwa 440 Millionen Pkw und leichten Nutzfahrzeugen, wovon mehr als die Hälfte in den USA beheimatet ist. Angaben des US-amerikanischen Handelsministeriums zufolge waren die Haupt-Zielmärkte amerikanischer Gebrauchtwagen im Jahr 2010 die Vereinigten Arabischen Emirate, Nigeria, Benin, Mexiko, Kanada, Libanon, Saudi Arabien, Litauen, Jordanien und die Dominikanische Republik. Allein auf diese zehn häufigsten Ziele entfielen im Jahr 2010 knapp 460.000 Einheiten aus den USA.<sup>388</sup>

Im Rahmen einer Analyse der Gebrauchtwagenströme innerhalb der EU schätzten MERZ/MEHLHART (2012) die kumulierten Exporte der EU27-Staaten für das Jahr 2008 auf mehr als 4,2 Millionen Einheiten. Ziel dieser Exporte war jedoch in weniger als einem Viertel der Fälle ein Nicht-EU27-Staat.<sup>389</sup> Wenngleich ein Großteil der Exporte damit innerhalb der EU verbleibt, sind die über eine Million in Nicht-EU-Länder exportierten Einheiten eine vergleichsweise große Menge, die etwa dem Rechtslenker-Gebrauchtwagen-Exportvolumen Japans entspricht.

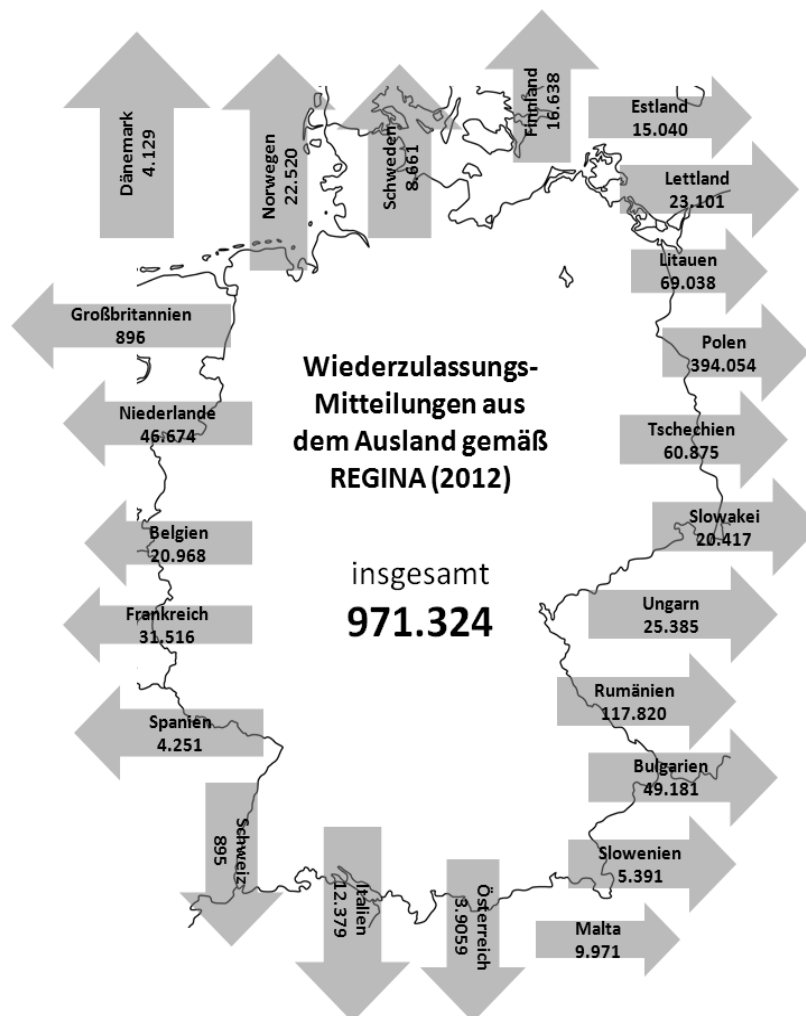
Innerhalb der Europäischen Union stellt die Datenlage ein wesentliches Problem bei der Erfassung von Gebrauchtwagenströmen dar, weil eine Dokumentation des Handels durch Zollbehörden infolge des Freihandels innerhalb der EU nicht mehr stattfindet.<sup>390</sup> Zwar existiert in Verbindung mit dem zentralen Fahrzeugregister das sogenannte Registration and Information Agreement (REGINA). Diese Vereinba-

<sup>388</sup> Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 7

<sup>389</sup> Vgl. Merz/Mehlhart (2012), S. 644–645

<sup>390</sup> Vgl. Merz/Mehlhart (2012), S. 640

nung beinhaltet die Rückmeldung aus dem Ausland bei dortiger Wiederinbetriebnahme eines zuvor in einem anderen EU-Staat abgemeldeten Fahrzeugs.<sup>391</sup> Die Erfassungsqualität gilt jedoch als von Land zu Land sehr unterschiedlich.<sup>392</sup> Die nachfolgende **Abbildung 9.1** zeigt die Rückmeldungen gemäß REGINA<sup>393</sup> aus dem Ausland an das KBA<sup>394</sup> als Momentaufnahme für das Jahr 2012 in Deutschland.



**Abbildung 9.1: Wiederezulassungs-Mitteilungen aus dem EU-Ausland an die BRD**

(Quelle: KBA - Kraftfahrt-Bundesamt (Hg.) (2013b), S. 13)

Für das Jahr 2012 wurden insgesamt fast eine Million Wiederezulassungen in anderen EU-Mitgliedsstaaten erfasst. Fast 400.000 Pkw – also etwa 40 Prozent – wurden in Polen wieder angemeldet. Das polnische Finanzministerium beziffert die gesamt-

<sup>391</sup> Vgl. KBA - Kraftfahrt-Bundesamt (Hg.) (2013b), S. 11–12

<sup>392</sup> Vgl. Merz/Mehlhart (2012), S. 641

<sup>393</sup> REGINA: Registration and Information Agreement

<sup>394</sup> KBA: Kraftfahrtbundesamt

ten Gebrauchtwagenimporte des Jahres 2012 auf 657.392 Einheiten.<sup>395</sup> Mehr als 60 Prozent dieser Importe stammten demzufolge aus Deutschland. Im Jahr 2008 war Deutschland gemäß Analyse von MERZ/MEHLHART mit mindestens 1,8 Millionen Pkw-Exporten, wovon mehr als 1,5 Millionen in andere EU-Länder ausgeführt wurden, mit Abstand größter Gebrauchtwagenexporteur in der Europäischen Union.<sup>396</sup>

### 9.1.3 Synthese

Als größte potentielle Exporteure für Linkslenker-Fahrzeuge wurden die USA und die Europäische Union (vor allem Westeuropa) identifiziert. Für den Export gebrauchter Rechtslenker-Fahrzeuge ist Japan Hauptexporteur. Hinter den USA, der EU und Japan gilt Südkorea als viertgrößter Gebrauchtwagenexporteur.<sup>397</sup> Diese bestandsreichsten Märkte besitzen auch die größte Pkw-Produktion. Die nachfolgende **Tabelle 9.3** zeigt die Produktionszahlen der größten Pkw-Produzenten mit Ausnahme von China für das Jahr 2012.

Land	Pkw-Produktion (2012)	Exportvolumen an Gebraucht-Pkw
Nordamerika (USA, Kanada, Mexiko)	15.359.958 (einschließlich leichter Nutzfahrzeuge)	unbekannt
<i>davon USA</i>	<i>10.036.589</i>	<i>unbekannt</i>
Westeuropa (EU15)	11.463.888	ca. 4 Mio.
<i>davon Deutschland</i>	<i>5.388.459</i>	<i>ca. 1,8 Mio. (2008)</i>
Japan	8.554.219	ca. 1 Mio. (2012)
Südkorea	4.167.089	unbekannt

**Tabelle 9.3: Größte Pkw-Produzenten der Welt außer China**

(Quelle: VDA, weitere (siehe Datenquellen-Verzeichnis))

China war im Jahr 2012 mit 13,45 Millionen produzierten Pkw weltweit stärkster Produzent.<sup>398</sup> Jedoch bewegte sich der Absatz mit 13,24 Millionen Einheiten in ähnlicher Größenordnung.<sup>399</sup>

<sup>395</sup> Vgl. Polnischer Automobilindustrieverband (Polski związek przemysłu motoryzacyjnego)/Polnisches Finanzministerium (Hg.) (2014)

<sup>396</sup> Vgl. Merz/Mehlhart (2012), S. 645

<sup>397</sup> Vgl. O. V. (2012)

<sup>398</sup> Vgl. VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2013), S. 225

Die Tatsache, dass Litauen in der Vergangenheit zu einem der Hauptempfänger US-amerikanischer Fahrzeuge gehörte und Chile gebrauchte Pkw aus Japan bezog, macht deutlich, dass eine große Entfernung zum Exporteur und damit ein langer Transportweg nicht zwingend ein Hemmnis darstellen muss. Im Folgenden werden nun zukünftige potentielle Importeure von Gebrauchtwagen identifiziert und klassifiziert. Einen Schwerpunkt bildet dabei die Untersuchung in den Einfuhrregelungen enthaltener Restriktionen in Bezug auf Gebrauchtwagenimporte.

## 9.2 Einfuhrbedingungen potentieller Importeure älterer Gebrauchtwagen

Nachdem als größte Angebotsmärkte Westeuropa (fast ausschließlich Rechtsverkehr), die USA (Rechtsverkehr) und Japan (Linksverkehr) identifiziert wurden, wird nun untersucht, wie stark der Protektionismus gegenüber (vor allem älteren) Gebrauchtfahrzeugen aus den genannten Anbieterstaaten in einzelnen Ländern und Regionen durch beschränkende Regulierungen ausgeprägt ist. Aufgrund des Umfangs der zu untersuchenden Länder werden diese zunächst zu Regionen zusammengefasst. Innerhalb dieser Regionen wird eine Unterteilung in Märkte für rechtsgelenkte und linksgelenkte Fahrzeuge vorgenommen, da verkehrsrichtungsabhängig andere Angebotsmärkte von Bedeutung sind. Im Fall Afrikas und Vorderasiens soll eine separate Betrachtung von wirtschaftsstärkeren und wirtschaftsschwächeren Staaten (abgegrenzt nach Höhe des GDPs pro Kopf) die Übersichtlichkeit erhöhen. Diese Vorgehensweise ist in der nachfolgenden **Abbildung 9.2** noch einmal dargestellt.



**Abbildung 9.2: Dimensionen der Einfuhrbedingungen-Untersuchung**

(Quelle: Eigene Darstellung)

<sup>399</sup> Vgl. VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2013), S. 261



Der Fokus der Untersuchung vorliegender Einfuhrbedingungen liegt auf gesetzten Altersgrenzen und generellen Verboten. Speziell bei Nichtvorliegen von Altersgrenzen wird auch auf sonstige mögliche Beschränkungsmaßnahmen wie etwa Zölle oder Steuern eingegangen. Dort wo klare Altersgrenzen gegeben sind, wird hingegen umfangsbedingt auf eine zusätzliche Betrachtung der Zollbedingungen weitestgehend verzichtet.

### 9.2.1 Südamerika/Lateinamerika

Mit Ausnahme einiger sehr kleiner (zumeist Insel-)Staaten herrscht in Lateinamerika Rechtsverkehr vor. Der Gebrauchtwagenimport ist insgesamt stark beschränkt. Auf dem südamerikanischen Kontinent gilt in einigen Staaten ein vollständiges oder nahezu generelles Einfuhrverbot. Dieses ist etwa in den Staaten Kolumbien, Ecuador und Venezuela durch eine bestehende Konvention, die sogenannte Anden-Automobilpolitik<sup>400</sup>, geregelt. Auch Argentinien, Brasilien, Chile und Uruguay verbieten fast ausnahmslos die Einfuhr gebrauchter Pkw. Ausgenommen hiervon sind zum Beispiel Spezialfahrzeuge, Oldtimer oder Diplomatenfahrzeuge.<sup>401</sup>

Weitere Staaten nehmen eine Beschränkung durch Altersgrenzen oder auch technische Anforderungen, etwa bezogen auf Abgasnormen oder Antriebsart, vor. So dürfen nach Paraguay maximal zehn Jahre alte,<sup>402</sup> nach Peru höchstens fünf<sup>403</sup> und nach Bolivien höchstens drei Jahre alte Pkw<sup>404</sup> importiert werden. Nach Bolivien eingeführte Pkw dürfen dabei weder LPG<sup>405</sup>-Fahrzeuge, noch Diesel mit weniger als 4.000 ccm Hubraum sein.<sup>406</sup> Peru macht weiterhin zur Bedingung, dass eingeführte Fahrzeuge Linkslenker sind, in Einzelfällen werden auch umgebaute Rechtslenker

---

<sup>400</sup> Andean Automotive Policy

<sup>401</sup> Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 19–39

<sup>402</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 24

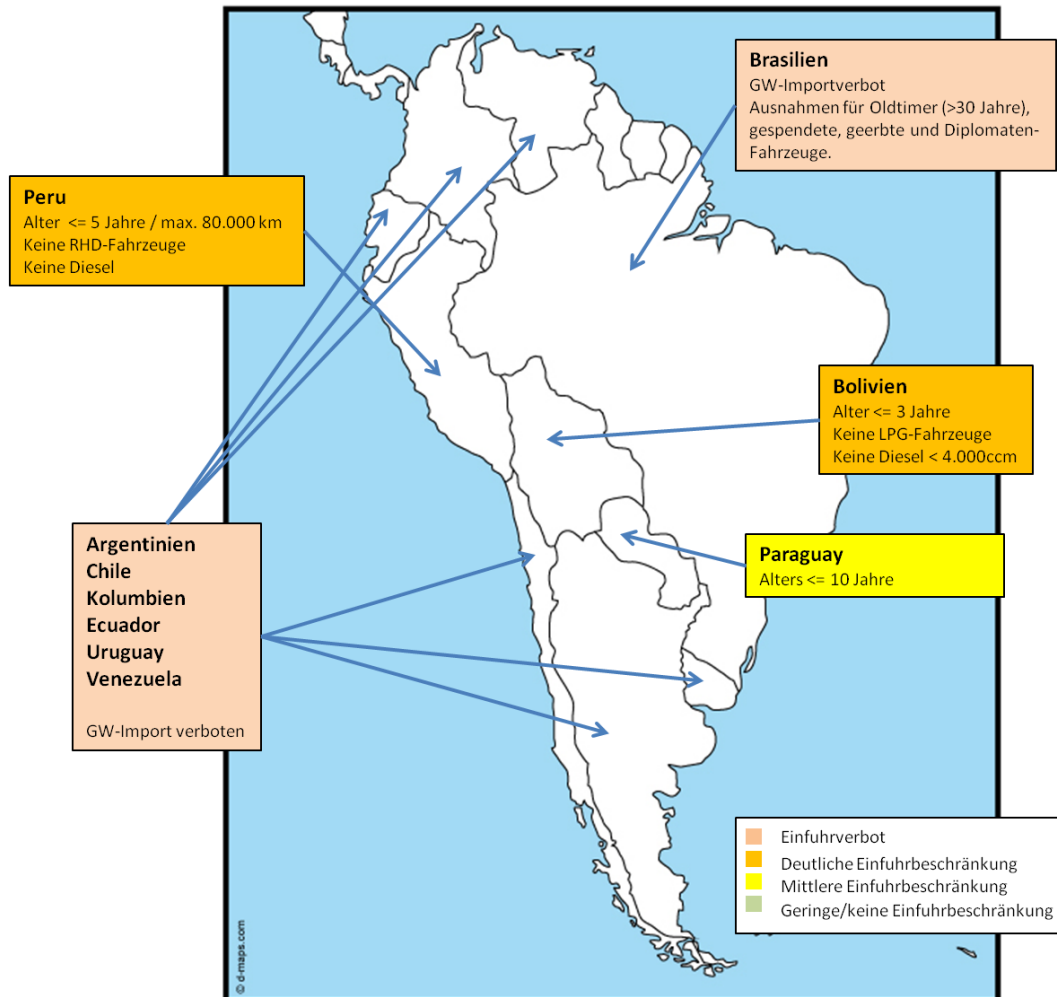
<sup>403</sup> Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 34–35, vgl. auch UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 24

<sup>404</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 5

<sup>405</sup> LPG: Liquefied Petroleum Gas (Flüssiggas, Autogas)

<sup>406</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 5

toleriert.<sup>407</sup> Die nachfolgende **Abbildung 9.3** enthält eine Übersicht über die Bedingungen einiger lateinamerikanischer Staaten auf dem südamerikanischen Kontinent.



**Abbildung 9.3: GW-Einfuhrregelungen in Südamerika**

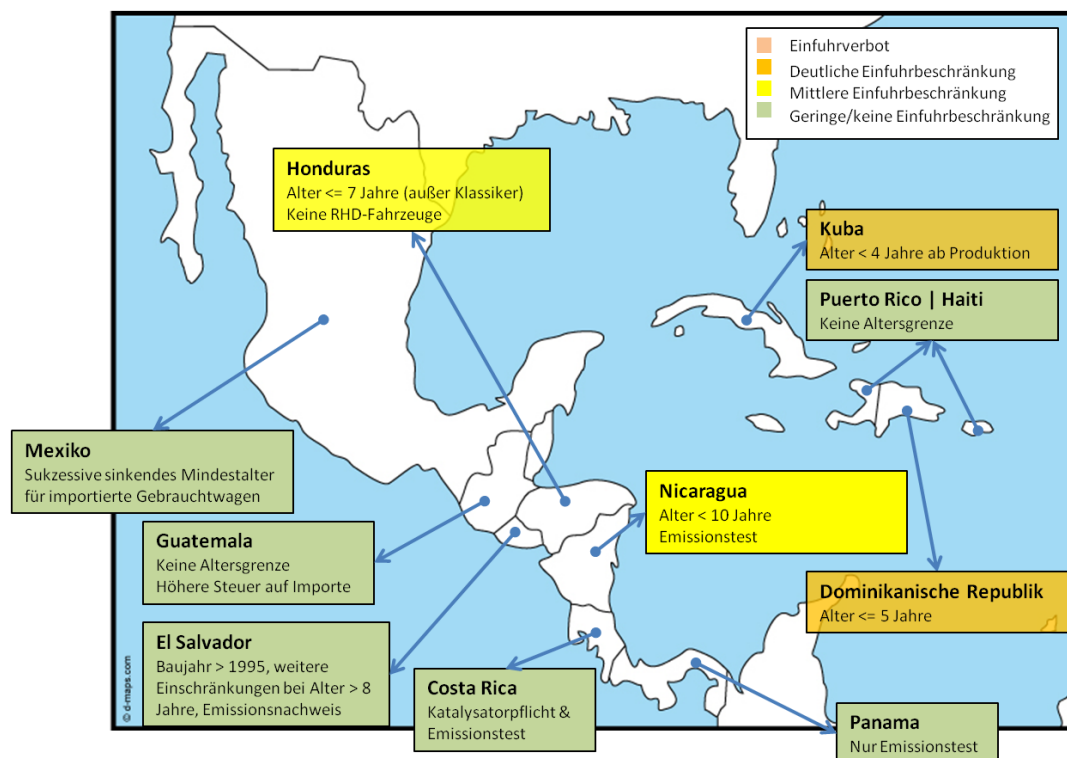
(Quelle: Eigene Darstellung, Karte: d-maps.com, Daten: Tabelle A. 70 in Anhang E)

Weniger stark reglementiert ist die Einfuhr in den Staaten Zentralamerikas, den Karibikstaaten und dem – streng genommen zu Nordamerika gehörenden – Mexiko. Von generellen Einfuhrverboten für gebrauchte Fahrzeuge wird hier abgesehen. Die strengste Begrenzung in Form eines Höchstalters bei der Einfuhr nimmt nach einem jahrelang existierenden grundsätzlichen Importverbot Kuba vor, wo eingeführte Pkw jünger als vier Jahre sein müssen.<sup>408</sup> Dem folgen die Dominikanische Republik mit maximal fünf, Honduras mit maximal sieben und Nicaragua mit weniger als

<sup>407</sup> Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 34–35

<sup>408</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 14

zehn Jahren ab Produktion.<sup>409</sup> El Salvador macht ein Baujahr nach 1995 und das Einhalten von Emissionsgrenzen zur Voraussetzung, jedoch gelten seit 2001 weitere Einschränkungen für Gebrauchtwagen ab acht Jahren Alter. In weiteren Staaten wie Guatemala, Panama, Puerto Rico, Haiti oder Costa Rica ist dem Alter keine Grenze gesetzt. Jedoch gelten zum Teil länderspezifische weitere Bedingungen, wie das Bestehen von Emissionstests oder eine abweichende steuerliche Behandlung für eingeführte Fahrzeuge.<sup>410</sup> Die nachfolgende **Abbildung 9.4** zeigt die Einfuhrbestimmungen in Bezug auf Altersgrenzen für Zentralamerika, einige Karibik-Staaten und Mexiko.



**Abbildung 9.4: GW-Einfuhrregelungen in Zentralamerika/Karibik**

(Quelle: Eigene Darstellung, Karte: d-maps.com, Daten: siehe Tabelle A. 70 in Anhang E)

Mexiko befindet sich in einer Anpassungsphase zum nordamerikanischen Freihandelsabkommen (NAFTA) mit den USA und Kanada. Dem mexikanischen Staat wird eine zehnjährige Anpassungsphase zugestanden, während derer Handelsbeschränkungen für die Einfuhr gebrauchter Fahrzeuge gegenüber den übrigen Partei-

<sup>409</sup> Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 28–29, vgl. auch UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 15–23

<sup>410</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 13–26

en zunächst aufrechterhalten werden dürfen, aber sukzessive abgebaut werden müssen. So wurde Mexiko gemäß Anhang 300 A.2 § 24 des NAFTA-Abkommens zugestanden, im Startjahr der NAFTA-Anpassungsphase 2009 die Einfuhr von weniger als zehn Jahre alten Gebrauchtfahrzeugen auch dann zu verbieten, wenn diese aus den Vertragspartnern USA und Kanada kamen. Dieses geforderte Mindestalter musste aber alle zwei Jahre um zwei Jahre herabgesetzt werden, so dass ab dem Jahr 2019 Gebrauchtwagen jeglichen Alters importiert werden dürfen.<sup>411</sup> Neben der besonders exponierten Lage Mexikos als direkter Nachbar des weltweit bestandsgrößten Pkw-Marktes USA, mit dem zudem ein Freihandelsabkommen besteht, stellt Mexiko damit eine Ausnahme dar. Gegenüber den sonst üblichen Altershöchstgrenzen für importierte Fahrzeuge gilt in Mexiko ein Mindestalter.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Lateinamerika hochgradig beschränkt ist, vor allem der südamerikanische Kontinent, auf den etwa zwei Drittel der Bevölkerung Lateinamerikas entfällt. So sind von den gut 600 Millionen in Lateinamerika lebenden Menschen mehr als 350 Millionen von generellen Einfuhrverboten und etwa 250 Millionen weitere von Altershöchstgrenzen für die Einfuhr gebrauchter Fahrzeuge betroffen.

### 9.2.2 Zentralasien und Vorderasien

Die fünf Staaten Zentralasiens (Kasachstan, Kirgisistan, Tadschikistan, Turkmenistan und Usbekistan) wiesen im Durchschnitt der vergangenen zehn Jahre allesamt ein weit überdurchschnittliches Wirtschaftswachstum auf. Vor allem Kasachstan und Turkmenistan verfügten mit beinahe 12.000 bzw. fast 9.000 Dollar über ein hohes Pro-Kopf-GDP im Jahr 2012.<sup>412</sup> Das am stärksten motorisierte Kasachstan macht seit Juli 2013 die Abgasnorm Euro IV zur Bedingung für den Gebrauchtwagenimport.<sup>413</sup> In das am zweitstärksten motorisierte Turkmenistan dürfen seit Januar 2010 weder Pkw mit einem Baujahr vor 2000, noch Rechtslenkern eingeführt wer-

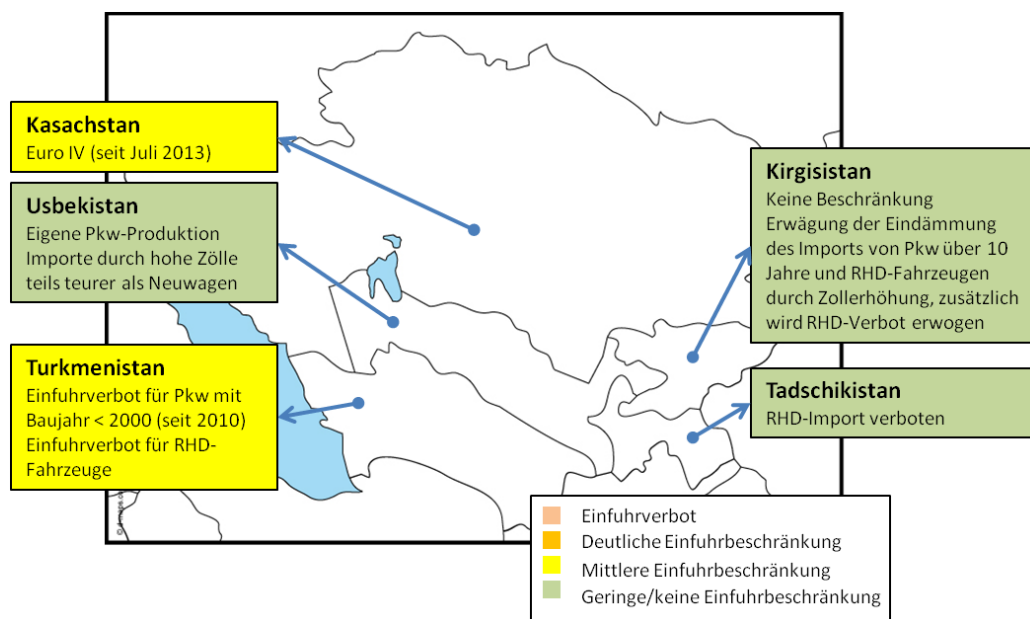
---

<sup>411</sup> Vgl. NAFTA (09.11.2006, S. 55 (North American Free Trade Agreement, Appendix 300-A.2 (24)))

<sup>412</sup> Daten: Weltbank, GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar)

<sup>413</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 2

den.<sup>414</sup> Derweil schützt Usbekistan die heimische Produktion des lokalen GM<sup>415</sup>-Joint-Ventures durch hohe Zölle auf importierte Fahrzeuge. Ein Einfuhrsteuersatz von 30 Prozent und zusätzliche drei US-Dollar pro Kubikzentimeter Hubraum für eingeführte Fahrzeuge lassen den Kauf eines lokal produzierten Neuwagens oftmals günstiger sein.<sup>416</sup> Für importierte Gebrauchtwagen ab drei Jahren Alter gilt dieselbe Hubraum-Regelung in Verbindung mit einem höheren Einfuhrsteuersatz von 40 Prozent.<sup>417</sup> Nach Kirgisistan wurden in den vergangenen Jahren trotz Rechtsverkehr viele gebrauchte Rechtslenker-Fahrzeuge eingeführt. Dem soll durch die Erhöhung von Zöllen ebenso entgegengewirkt werden, wie dem Import von Fahrzeugen älter als zehn Jahre.<sup>418</sup> Gegenüber RHD<sup>419</sup>-Fahrzeugen wird sogar mittelfristig ein Verbot erwogen.<sup>420</sup> Tadschikistan untersagt bereits die Einfuhr rechtsgelenkter Pkw.<sup>421</sup> Einige Besonderheiten der Einfuhrregulierung sind in der nachfolgenden **Abbildung 9.5** noch einmal zusammengefasst.



**Abbildung 9.5: GW-Einfuhrregelungen der fünf Staaten Zentralasiens**

(Quelle: Eigene Darstellung, Karte: d-maps.com, Daten: siehe Tabelle A. 70 in Anhang E)

<sup>414</sup> Vgl. O. V. (2009), vgl. O. V. (2005)

<sup>415</sup> GM: General Motors

<sup>416</sup> Vgl. Sadykov (2013)

<sup>417</sup> Vgl. Bibi.uz (Hg.) (2014)

<sup>418</sup> Vgl. Kutueva (2014)

<sup>419</sup> RHD: Right Hand Drive (rechtsgelenktes Fahrzeug für den Linksverkehr)

<sup>420</sup> Vgl. O. V. (2013b)

<sup>421</sup> Vgl. Gosselin Moving (Hg.) (2013), S. 3

In den Ländern Vorderasiens sind ebenfalls überwiegend Beschränkungen vorhanden. Einige besonders wohlhabende Staaten<sup>422</sup> sind in der nachfolgenden **Tabelle 9.4** zusammengefasst.

Land	GDP pro Kopf (2012 in Dollar)	Bevölkerung (in Mio.)	Pkw-Dichte (Jahr)
Katar	71.931	2,1	335 (2002)
Kuwait	40.102	3,3	439 (2010)
Vereinigte Arabische Emirate	36.267	9,2	293 (2007)
Saudi Arabien	27.346	28,3	139 (2005)
Israel	27.296	7,9	282 (2012)
Oman	23.003 (2011)	3,3	166 (2007)
Bahrain	21.543	1,3	451 (2009)

**Tabelle 9.4: Wohlhabendere Staaten Vorderasiens**<sup>423</sup>

(Daten: Weltbank)

In allen genannten Staaten gilt Rechtsverkehr und mit Ausnahme von Bahrain werden spezielle Bedingungen an einzuführende Pkw gestellt. So fordern die Vereinigten Arabischen Emirate, dass ein eingeführtes Fahrzeug den staatlichen Standards genügt, die Einbauposition des Lenkrades unverändert und der Pkw äußerlich nicht beschädigt ist.<sup>424</sup> In das Oman dürfen nur Linkslenker-Fahrzeuge eingeführt werden, die nicht älter als zehn Jahre sind.<sup>425</sup> Kuwait, Katar und Saudi Arabien verbieten die Einfuhr von Pkw, die älter als fünf Jahre sind,<sup>426</sup> Israel schließt sogar Pkw über zwei Jahre aus.<sup>427</sup>

Die nachfolgende **Abbildung 9.6** zeigt einige Einfuhrbedingungen der in der vorausgegangenen Tabelle 9.4 enthaltenen wohlhabenderen Staaten Vorderasiens.

<sup>422</sup> Die Grenze wurde hier bei einem GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar) von mindestens 20.000 Dollar angesetzt.

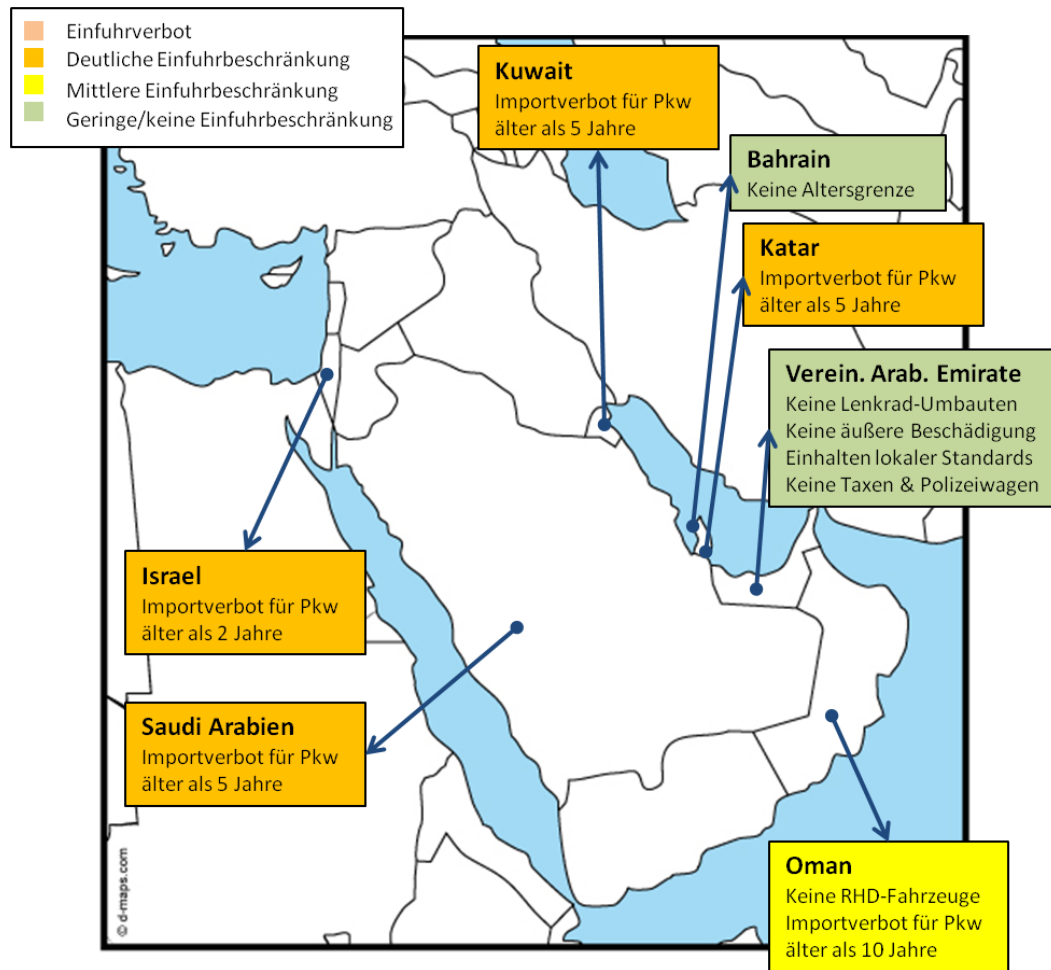
<sup>423</sup> GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar)

<sup>424</sup> Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 42–44

<sup>425</sup> Vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2013c)

<sup>426</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2012), S. 2–3, vgl. auch Asharqia Chamber (Hg.) (2009)

<sup>427</sup> Vgl. O. V. (2013a)



**Abbildung 9.6: GW-Einfuhrregelungen in wohlhabenderen Staaten Vorderasiens**

(Quelle: Eigene Darstellung, Karte: d-maps.com, Daten: siehe Tabelle A. 70 in Anhang E)

In den weniger wohlhabenden vorderasiatischen Staaten<sup>428</sup> liegen sehr unterschiedliche Voraussetzungen vor. Zwar wird hier auf generelle Einfuhrverbote verzichtet, jedoch greifen die Türkei, Syrien, Ägypten und der Irak zu sehr strikten Beschränkungsmaßnahmen. In die Türkei dürfen gebrauchte Pkw nur dann eingeführt werden, wenn sie aus dem aktuellen oder nächsten Modelljahr sind.<sup>429</sup> In Ägypten begrenzen hohe Einfuhrzölle und ein maximales Alter von einem Jahr den Import.<sup>430</sup> In Syrien und dem Irak gilt eine Altersobergrenze von zwei Jahren.<sup>431</sup> Mit Aserbaidschan, dem Jemen, dem Libanon, Jordanien und Armenien verhängen fünf weitere Staaten unterschiedliche Höchstalter für Gebrauchtwagenimporte, die zwischen

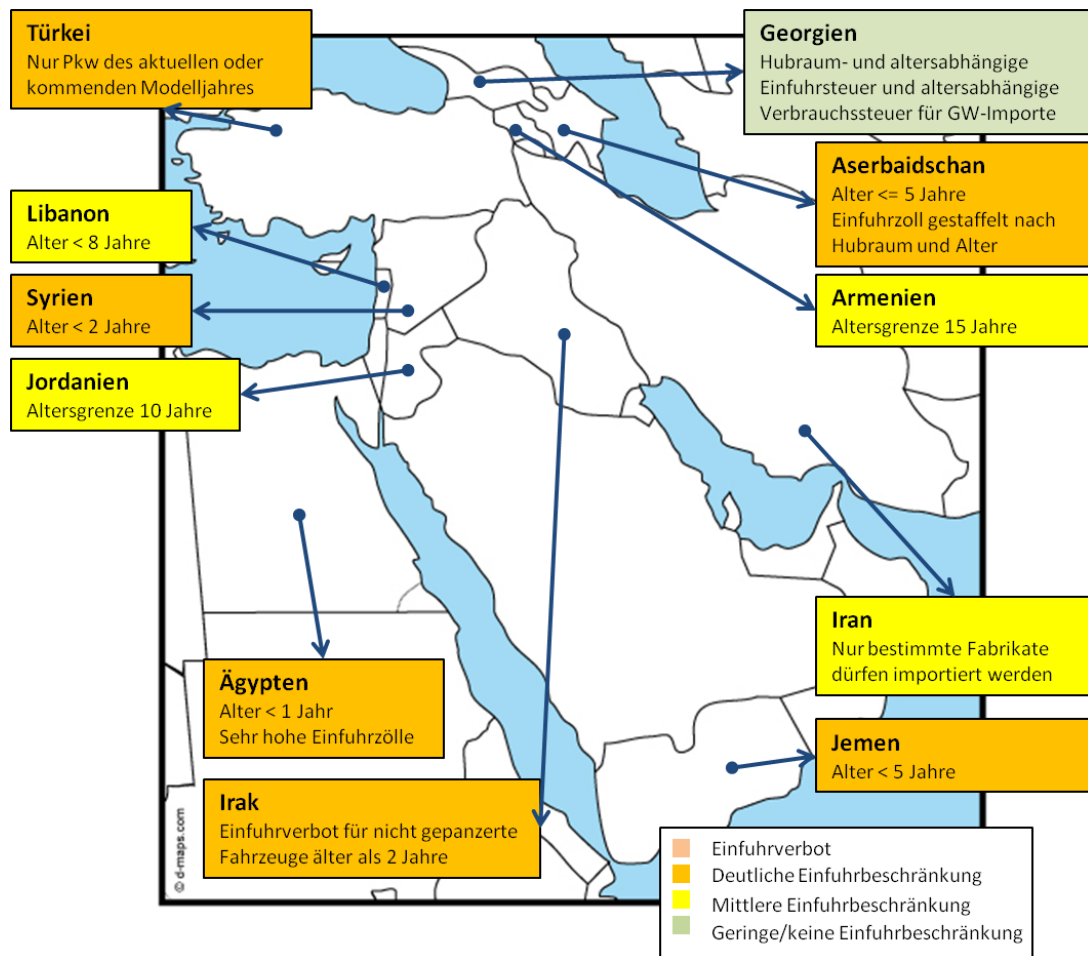
<sup>428</sup> Staaten mit einem GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar) < 20.000 Dollar

<sup>429</sup> Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 87–88, in einer anderen Quelle ist von einem Verbot die Rede: vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 3

<sup>430</sup> Vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2012a), S. 1–2

<sup>431</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2012), S. 2, vgl. auch IAM - International Association of Movers (Hg.) (2013a)

fünf und fünfzehn Jahren liegen.<sup>432</sup> Keine altersabhängigen Importverbote gibt es in Georgien und dem Iran. Jedoch gestattet der Iran nur die Einfuhr von Fahrzeugen ausgewählter Marken.<sup>433</sup> Georgien berücksichtigt das Fahrzeugalter bei der Bemessung einer Verbrauchssteuer und in Verbindung mit dem Hubraum zur Festsetzung des Einfuhrzolls.<sup>434</sup> Die nachfolgende **Abbildung 9.7** fasst noch einmal einige Einfuhrbedingungen weniger wohlhabender vorderasiatischer Staaten zusammen.



**Abbildung 9.7: GW-Einfuhrregelungen im sonstigen Vorderasien**

(Quelle: Eigene Darstellung, Karte: d-maps.com, Daten: siehe Tabelle A. 70 in Anhang E)

<sup>432</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 1, vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2012), S. 4, vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2012), S. 2, vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 41, vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2010), S. 1

<sup>433</sup> Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 40

<sup>434</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 2



Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in Zentral- und Vorderasien zwar keine generellen Einfuhrverbote vorkommen, jedoch 15 der 22 hier betrachteten Staaten die Einfuhr von Gebrauchtwagen bei Überschreiten gesetzter Altersgrenzen verbieten. Diese Altersgrenzen sind zumeist auch strikt und liegen in fünf Fällen bei fünf Jahren und in vier weiteren sogar bei zwei oder weniger Jahren maximalen Alters. Auch in den sieben übrigen Ländern existieren verschiedenartige Barrieren, wie etwa Einfuhrverbote für rechtsgelenkte Fahrzeuge, Einschränkungen der einfuhrbaren Marken, altersabhängige Einfuhr- und Verbrauchssteuern und Ähnliches.

### 9.2.3 (Ost-)Asien

Gegenüber den Staaten Zentral- und Vorderasiens mit überwiegend einheitlichem Rechtsverkehr, existieren im sonstigen Asien Staaten mit Rechts- und Linksverkehr nebeneinander, weshalb im Folgenden auf diese beiden Gruppen separat eingegangen wird. In den Staaten mit Linksverkehr (und einer Bevölkerung von jeweils mehr als einer Million Einwohnern) ist die Einfuhr von Gebrauchtfahrzeugen bis auf wenige Ausnahmen stark eingeschränkt oder sogar verboten.

In Pakistan müssen importierte Gebrauchtwagen jünger als zwei Jahre sein.<sup>435</sup> Eine mit drei Jahren vergleichsweise niedrige Altersobergrenze gilt für Sri Lanka, Bangladesch, Singapur und Indien.<sup>436</sup> Nach Indien dürfen zudem keine Fahrzeuge mit Hubraumgrößen zwischen einem und zweieinhalb Litern eingeführt werden. Eine weitere Besonderheit bietet Singapur, wo die Zulassung von Fahrzeugen streng quotiert wird, um die Auslastung der Straßen zu begrenzen.<sup>437</sup> In Verbindung mit Lizenzen, die für eine zehnjährige Straßennutzung erworben werden müssen sowie weiteren Abgaben wie Luxussteuer, wird der Pkw damit zum kaum erschwinglichen Luxusgut.<sup>438</sup> Ein generelles Gebrauchtwagen-Einfuhrverbot existiert in Thai-

---

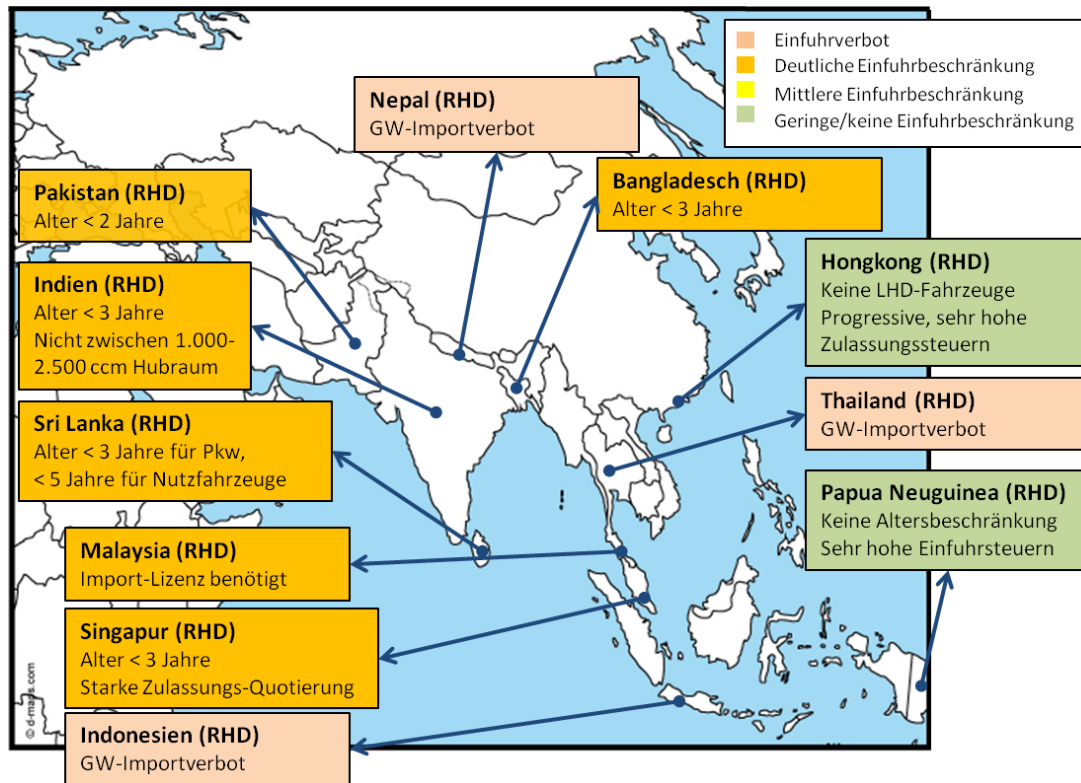
<sup>435</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 5

<sup>436</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 1–6, vgl. auch United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 49–51

<sup>437</sup> Vgl. Land Transport Authority of Singapore (Hg.) (2014)

<sup>438</sup> Vgl. Aquino (2011)

land, Indonesien und Nepal,<sup>439</sup> während in Malaysia eine Import-Lizenz vonnöten ist.<sup>440</sup> Die Einfuhrbedingungen einiger Rechtslenker-Staaten (Ost-)Asiens sind in der nachfolgenden **Abbildung 9.8** noch einmal erfasst.



**Abbildung 9.8: GW-Einfuhrregelungen in den RHD-Staaten (Ost-)Asiens**

(Quelle: Eigene Darstellung, Karte: d-maps.com, Daten: siehe Tabelle A. 70 in Anhang E)

In Hongkong und Papua Neuguinea wird auf eine Beschränkung des Einfuhralters verzichtet, jedoch begrenzen sonstige Faktoren die Attraktivität des Gebrauchtwagenimports. So ist in Hongkong die Pkw-Dichte zwar bezogen auf die Bevölkerung vergleichsweise gering – bedingt durch die große Bevölkerungsdichte ist sie bezogen auf die Landesfläche mit etwa 530 Pkw pro Quadratkilometer aber sehr hoch.<sup>441</sup> Nach Hongkong eingeführte Gebrauchtwagen müssen spezielle Geräusch- und Emissionsgrenzen einhalten und zudem rechtsgelenkt sein. Darüber hinaus fällt eine nach Steuerwert des Fahrzeugs gestaffelte Erstzulassungssteuer an, die auf die

<sup>439</sup> Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 53–61, vgl. Government of Nepal - Ministry of Finance - Department of Customs (Hg.) (2014)

<sup>440</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 5, vgl. ASEAN - Association of Southeast Asian Nations (Hg.) (2014b)

<sup>441</sup> Vgl. InterNations GmbH (Hg.) (2014)

ersten 150.000 HKD<sup>442</sup> (etwa 14.200 Euro<sup>443</sup>) des Wertes 40 Prozent, auf bis zu weitere 150.000 HKD 75 Prozent und in zwei weiteren Stufen 100 bzw. 115 Prozent beträgt.<sup>444</sup> Zudem gelten Fahrzeuge, die älter als zehn Jahre sind als schwer zu versichern.<sup>445</sup> Papua Neuguinea erhebt eine Einfuhrsteuer, die hubraumabhängig zwischen 40 und 110 Prozent liegt und auf den Fahrzeugwert zuzüglich Fracht- und Versicherungskosten erhoben wird. In Verbindung mit der obligatorischen Mehrwertsteuer in Höhe von zehn Prozent mindert diese den möglichen Preisvorteil eines Gebrauchtwagens aus dem Ausland in erheblichem Maße.<sup>446</sup>

In den Rechtsverkehr-Staaten Asiens sind die Altersgrenzen weniger strikt gehalten oder gar nicht vorhanden. Oftmals dürfen RHD-Fahrzeuge jedoch nicht eingeführt werden. Ein vollständiges Einfuhrverbot gilt nur in China und auf den Philippinen.<sup>447</sup> Eine Ausnahme sieht Executive Order 156 auf den Philippinen für Sonderfahrzeuge, Diplomaten und Heimkehrer vor. Dann aber darf der eingeführte Pkw drei Jahre lang nicht veräußert werden.<sup>448</sup> Auch in Vietnam galt ab 1998 ein Importverbot. Seit dem 1. Mai 2006 legt jedoch Dekret Nr.12/2006/ND-CP ein maximales Alter von fünf Jahren und einen Ausschluss von Rechtslenker-Fahrzeugen fest. Darüber hinaus erstreckt sich das Dekret auch auf Umbauten ursprünglich rechtsgelenkter Fahrzeuge.<sup>449</sup> Myanmar begrenzt die Einfuhr auf Gebrauchtwagen, die jünger als zehn Jahre sind und unterzieht diese in einer hierfür autorisierten Einrichtung sechs Zustandstests.<sup>450</sup>

Die übrigen hier untersuchten Staaten verzichten auf ein altersabhängiges Einfuhrverbot, sondern verfügen über andere Restriktionen. Die Mongolei erhebt eine mit Hubraum und Fahrzeugalter steigende Verbrauchssteuer, die im günstigsten Fall bei

---

<sup>442</sup> HKD: Hongkong Dollar

<sup>443</sup> Wechselkurs vom 30.05.2014

<sup>444</sup> Vgl. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region - Transport Department (Hg.) (2013)

<sup>445</sup> Vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2012b)

<sup>446</sup> Vgl. Papua New Guinea Customs Service (Hg.) (2014)

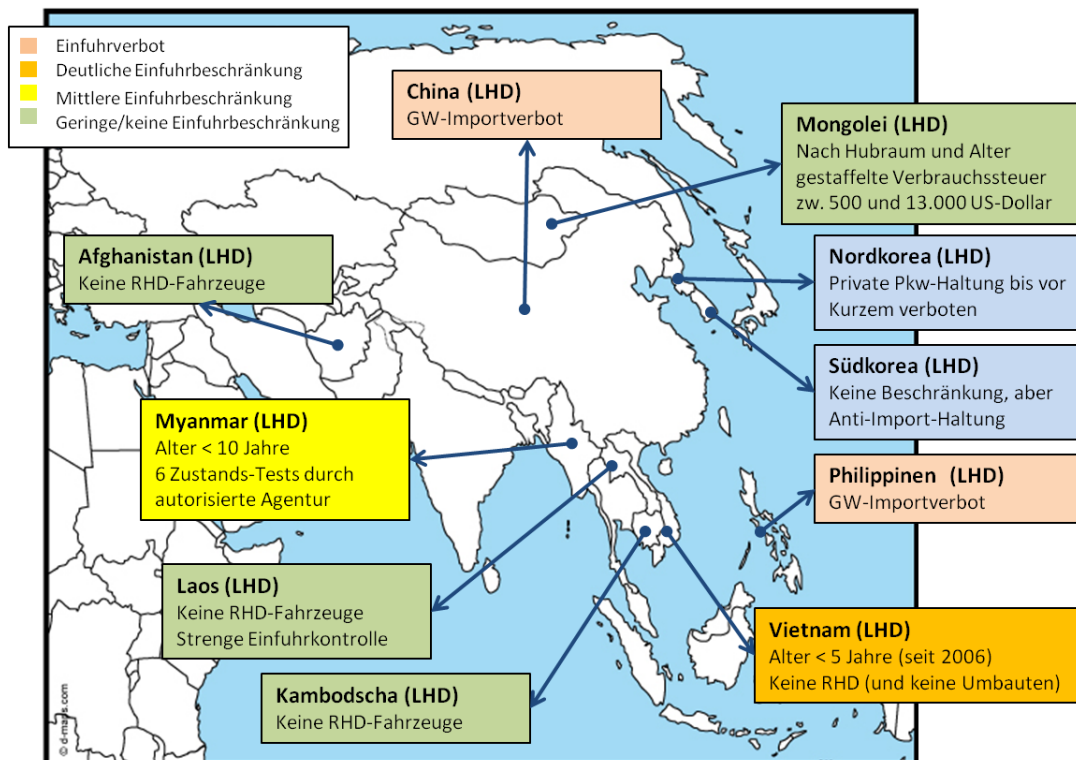
<sup>447</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 1–2

<sup>448</sup> Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 56–59

<sup>449</sup> Vgl. Government of the Socialist Republic of Vietnam (Hg.) (2006), S. 5–24

<sup>450</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 4

weniger als 1.500 ccm Hubraum und einem Fahrzeugalter unter drei Jahren bei 500 US-Dollar und im teuersten Fall bei mehr als 4.500 ccm Hubraum und einem Alter von zehn Jahren oder älter bei 13.000 US-Dollar liegt. Bereits für ein zehn Jahre altes Fahrzeug mit weniger als 1.500 ccm Hubraum werden 6.000 US-Dollar Verbrauchssteuer erhoben.<sup>451</sup> Die nachfolgende **Abbildung 9.9** fasst die Einfuhrregelungen einiger Rechtsverkehr-Staaten Asiens zusammen.



**Abbildung 9.9: GW-Einfuhrregelungen in den LHD-Staaten (Ost-)Asiens**

(Quelle: Eigene Darstellung, Karte: d-maps.com, Daten: siehe Tabelle A. 70 in Anhang E)

In Afghanistan stieg die Anzahl der Fahrzeugzulassungen im Jahr 2003 gegenüber dem Vorjahr um 94 Prozent auf etwa 340.000 Einheiten an, wobei ein Teil dieses Anstiegs der zunehmenden Bewegung zuzuschreiben ist, dass vormals nicht registrierte Fahrzeuge vermehrt offiziell zugelassen wurden. Solche Umstände führen zu einer begrenzten Datenqualität von Statistiken aus Entwicklungsregionen. Im Juli 2004 wurde die Einfuhr von Rechtslenker-Fahrzeugen verboten, was zur Folge hatte, dass Pkw aus Japan bereits vor deren Einfuhr umgebaut sein mussten und der ehemals rege Reexport nach Pakistan (wo Rechtslenker benötigt werden) ein-

<sup>451</sup> Vgl. Mongolian Customs Organization (Hg.) (2012)

brach.<sup>452</sup> Seit dem Einfuhrverbot für RHD-Fahrzeuge wurden Gebrauchtwagen größtenteils aus Deutschland sowie vom großen Gebrauchtwagen-Umschlagplatz Dubai bezogen.<sup>453</sup> In Nordkorea war die private Pkw-Haltung über einen langen Zeitraum verboten und wurde erst jüngst legalisiert. Im bereits weit entwickelten Südkorea scheint derweil eine Beschränkung ob der Anti-Import-Haltung der Bevölkerung nicht notwendig zu sein.<sup>454</sup>

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass asiatische Märkte die Gebrauchtwageneinfuhr überwiegend einschränken. Hier unterscheiden sich die Märkte mit Rechts- und Linksverkehr erheblich. Die Rechtslenker-Märkte Asiens beschränken nahezu ausnahmslos durch strikte Altershöchstgrenzen. Nur etwa 15 Prozent der dort lebenden Bevölkerung sind von generellen Einfuhrverboten für Gebrauchtwagen betroffen, jedoch fast 100 Prozent von erheblichen Beschränkungen. Anders ist dies in den Linkslenker-Märkten. Dort sind insgesamt weniger Märkte durch eine Altersgrenze beschränkt. Da aber China und die Philippinen als bevölkerungsreichste Staaten ein Einfuhrverbot für Gebrauchtfahrzeuge verhängen, sind infolge der starken Bevölkerungskonzentration etwa 84 Prozent der in Asiens Linkslenker-Märkten lebenden Menschen hiervon betroffen. Durch Altersbeschränkungen in den nächst geringer bevölkerten Staaten Vietnam und Myanmar, verbleiben nur etwa 7,5 Prozent der Bevölkerung in Ländern ohne totales oder altersabhängiges Einfuhrverbot für Gebrauchtwagen. Zudem fällt in Linkslenker-Märkten ein häufig explizites Einfuhrverbot für rechtsgelenkte Fahrzeuge auf. Es ist davon auszugehen, dass dies dem Schutz vor der Einfuhr älterer Pkw aus Japan dienen soll.

#### **9.2.4 Osteuropa**

In Osteuropa spielt die Europäische Union eine Schlüsselrolle. Einige osteuropäische Länder sind bereits seit einigen Jahren Mitgliedsstaaten. Diese wurden einschließlich ihres Beitrittsjahres bereits in Tabelle 7.2 des Kapitels 7.3 zusammengefasst. In allen osteuropäischen Pkw-Märkten gilt Rechtsverkehr, mit einziger Ausnahme des sehr kleinen Inselstaates Zypern.

---

<sup>452</sup> Vgl. Paterson (2005), S. 3–7

<sup>453</sup> Vgl. Paterson (2005), S. 19

<sup>454</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 2–6

Ein wesentlicher Pfeiler der gegenwärtig 28 Länder umfassenden Europäischen Union ist der EU-Binnenmarkt, der vor allem den freien Warenverkehr umfasst und dessen Einschränkung nur in Ausnahmefällen zulässt.<sup>455</sup> Dieser freie Warenverkehr ist gemäß Art. 28 Abs. 1 AEUV<sup>456</sup> mit einer Zollunion verbunden, die ein Verbot von Ein- und Ausfuhrzöllen sowie ähnlichen Abgaben mit derselben Wirkung zwischen Mitgliedsstaaten sowie einen gemeinsamen Zollltarif gegenüber Drittländern umfasst. Art. 110 AEUV in der Fassung des am 1. Dezember 2009 in Kraft getretenen Vertrags von Lissabon besagt: „Die Mitgliedstaaten erheben auf Waren aus anderen Mitgliedstaaten weder unmittelbar noch mittelbar höhere inländische Abgaben gleich welcher Art, als gleichartige inländische Waren unmittelbar oder mittelbar zu tragen haben. Die Mitgliedstaaten erheben auf Waren aus anderen Mitgliedstaaten keine inländischen Abgaben, die geeignet sind, andere Produktionen mittelbar zu schützen.“<sup>457</sup> Dieser Artikel soll folglich gezielt eine Diskriminierung von Waren, die aus anderen Mitgliedsstaaten stammen, gegenüber gleichartigen im eigenen Land verhindern. Dies ist ebenfalls für neue und gebrauchte Pkw von entscheidender Bedeutung. Zum einen verhindert die Zollunion das Erheben von Zöllen bei der Einfuhr eines Pkw aus einem anderen Mitgliedsstaat. Zum anderen darf weder ein Einfuhrverbot verhängt, noch die Zulassung eines importierten Gebrauchtwagens aus einem anderen Mitgliedsstaat verhindert werden, wenn eine Wiederzulassung eines zuvor im Zielland zugelassenen gleichartigen Gebrauchtfahrzeugs ohne weiteres möglich ist.

Die Europäische Kommission sieht in den gegenwärtig nicht harmonisierten Steuern in Bezug auf Pkw eine große Barriere. Es gibt zwar bereits Vorschläge zu europäischen Rechtsakten, die diesem Problem entgegenwirken sollen, doch müssen diese zu deren Umsetzung einstimmig vom Europäischen Rat angenommen werden, was gegenwärtig einer Harmonisierung im Wege steht. Der Gerichtshof der Europäischen Union verteidigt jedoch auf der Grundlage des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union die gemeinsamen Werte, darunter vor allem auch Art. 110 AEUV. In einigen Fällen, in denen es um eine diskriminierende Be-

---

<sup>455</sup> Vgl. Europäische Kommission (Hg.) (2014a)

<sup>456</sup> AEUV: Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union

<sup>457</sup> Art. 110 AEUV, Fassung aufgrund des am 1.12.2009 in Kraft getretenen Vertrages von Lissabon (Konsolidierte Fassung bekanntgemacht im ABl. EG Nr. C 115 vom 9.5.2008, S. 47)

steuerung von Gebrauchtfahrzeugen aus anderen Mitgliedstaaten im Sinne von Art. 110 AEUV ging, wurden bereits wesentliche Entscheidungen getroffen.<sup>458</sup>

So war Rumänien auf Druck der Europäischen Kommission im Jahr 2008 zu einer Änderung seiner Zulassungssteuer gezwungen, da diese importierte Gebrauchtwagen durch eine abweichende Besteuerung zu einheimischen diskriminierte. Um die lokalen Hersteller Dacia und Daewoo Rumänien vor Konkurrenz durch Pkw-Importe zu schützen, wurden zuvor eingeführte Fahrzeuge, die nicht die Euro III-Norm erfüllten, deutlich stärker besteuert als einheimische mit derselben Abgasnorm. Dies hatte zur Folge, dass nur ein Prozent der Gebrauchtwagenimporte im Jahr 2007 älter als zehn Jahre war.<sup>459</sup> Ferner verwarnte die Europäische Kommission 2006 mit Luxemburg, Tschechien, Polen, Österreich und Ungarn fünf Staaten, die durch beschränkende Maßnahmen den EU-Binnenmarkt behinderten, indem sie für Gebrauchtwagenimporte aus dem Ausland andere Maßstäbe anlegten als für im jeweiligen Heimatland zuvor zugelassene. So hielt Tschechien etwa zunächst je nach Fahrzeugtyp eine Altershöchstgrenze von fünf oder acht Jahren für die Einfuhr eines Gebrauchtwagens aus dem Ausland auch gegenüber anderen EU-Mitgliedsstaaten aufrecht. Die übrigen Staaten machten etwa technische Kontrollen oder die Vorlage bestimmter – aus Sicht der Europäischen Kommission überflüssiger – Dokumente zur Einfuhrbedingung.<sup>460</sup>

Die Besonderheit der Europäischen Union ist demzufolge, dass sich dort reife Pkw-Märkte neben weniger reifen befinden, deren Einkommen zudem weitaus geringer sind. Gleichzeitig unterbindet aber der Gedanke des EU-Binnenmarktes protektionistische Maßnahmen der weniger entwickelten Staaten, was zur zollfreien und weitestgehend unbeschränkten Möglichkeit des Imports kostengünstiger Gebrauchtwagen aus den reiferen Nachbarstaaten führt. Darüber hinaus ist das Angebot der reifen westeuropäischen EU15-Staaten an Gebrauchtfahrzeugen für den Export enorm. Im Jahr 2008 wurden in der EU15 etwa 14,9 Millionen Pkw neu zu-

---

<sup>458</sup> Vgl. Europäische Kommission (Hg.) (2014b)

<sup>459</sup> Vgl. Frink (2008), S. 12

<sup>460</sup> Vgl. Europäische Kommission (Hg.) (2006), vgl. auch Nuthall (2006)

gelassen, mindestens 3,8 Millionen Pkw wurden aus EU15-Staaten exportiert. In über 80 Prozent der Fälle war das Zielland ein anderer EU-Mitgliedsstaat.<sup>461</sup>

Im Vergleich zu den niedrigen Altershöchstgrenzen, die in einigen asiatischen Märkten gelten, sind die Beschränkungen in den osteuropäischen Nicht-EU-Staaten spürbar geringer. Eine Ausnahme bildet Montenegro, das die Einfuhr auf maximal drei Jahre alte Gebrauchtwagen begrenzt.<sup>462</sup> Demgegenüber setzt die Republik Moldau die Altersobergrenze auf zehn, Bosnien und Herzegowina auf zwölf und Mazedonien auf 15 Jahre.<sup>463</sup> In Albanien, wo privater Pkw-Besitz bis 1991 generell verboten war, gilt seitdem keinerlei Beschränkung mehr.<sup>464</sup>

In den weiteren Staaten führen Mindestanforderungen an die Abgaseinstufung zu indirekten Altersbegrenzungen. In Serbien und Russland wird mindestens Euro III gefordert, zudem fallen für importierte Fahrzeuge, gestaffelt nach Alter, höhere Steuern an.<sup>465</sup> In Weißrussland ist seit 2011, in der Ukraine seit 2014 sogar Euro IV Einfuhrvoraussetzung.<sup>466</sup> Darüber hinaus staffelt Weißrussland seine Einfuhrzölle nach Fahrzeugalter ansteigend.<sup>467</sup>

Vor dem Hintergrund, dass die Euro III-Norm ab dem Jahr 2001 und die Euro IV-Norm ab 2006 in Deutschland Zulassungsvoraussetzung für Neuwagen war, einige Pkw sie jedoch vorzeitig bereits erfüllten, entsprechen diese Voraussetzungen im Jahr 2014 in etwa Altersgrenzen von acht bzw. 13 Jahren.<sup>468</sup>

---

<sup>461</sup> Vgl. Mehlhart et al. (2011), S. 42

<sup>462</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2010), S. 2

<sup>463</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 1–3

<sup>464</sup> Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 87, vgl. auch UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 1

<sup>465</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 3

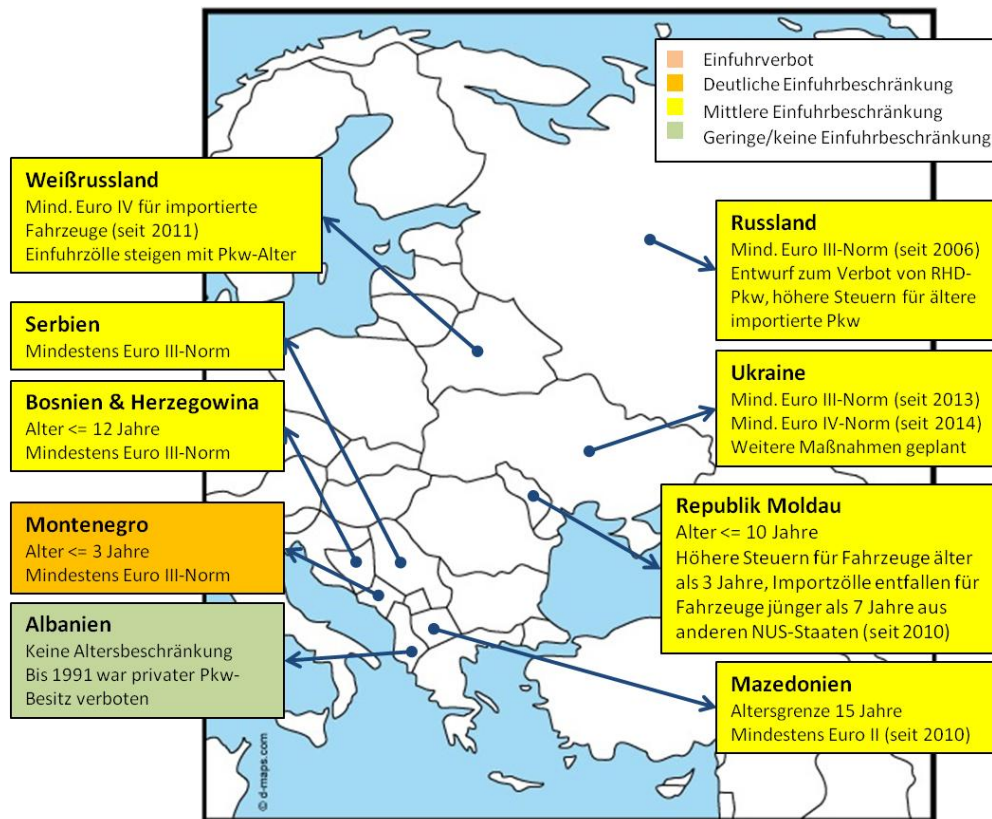
<sup>466</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 1, vgl. auch O. V. (2014)

<sup>467</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2010), S. 1

<sup>468</sup> CAR-eigene Recherche



Die nachfolgende **Abbildung 9.10** zeigt Einfuhrbestimmungen für Gebrauchtwagen in osteuropäischen Nicht-EU-Staaten.



**Abbildung 9.10: GW-Einfuhrregelungen in Osteuropa (Nicht-EU)<sup>469</sup>**

(Quelle: Eigene Darstellung, Karte: d-maps.com, Daten: siehe Tabelle A. 70 in Anhang E)

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der osteuropäische Markt in Bezug auf die Einfuhrbegrenzung von Gebrauchtwagen vergleichsweise moderat reguliert ist. In besonderer Weise gilt das für die in Osteuropa gelegenen EU-Mitgliedsstaaten. Wenngleich es vereinzelte Probleme bei dessen Umsetzung gab und gibt, sieht der vertragliche Rahmen des EU-Binnenmarktes einen ungehemmten Gebrauchtwagenfluss zwischen den Mitgliedsstaaten vor, der weder durch Zölle, noch durch Abgaben oder direkte Ausschlüsse von Pkw aus anderen Mitgliedsstaaten gehemmt werden darf. So mussten Staaten mit dem EU-Beitritt bis dahin bestehende Einfuhrbeschränkungen aufheben, wodurch fortan der Weg für sehr alte Gebrauchtwagen in die neuen Mitgliedsstaaten geöffnet wurde.<sup>470</sup>

<sup>469</sup> NUS: Neue Unabhängige Staaten

<sup>470</sup> Vgl. Frink (2005), S. 3–19

Aber auch die sonstigen osteuropäischen Staaten ermöglichen die Einfuhr älterer Pkw, einzig Montenegro ist mit seiner niedrigen Altersgrenze von drei Jahren ein Sonderfall. Es darf jedoch kein Pkw bei Einfuhr in einen osteuropäischen Nicht-EU-Staat (mit Ausnahme von Albanien) älter als 15 Jahre sein. Dies ist das in Mazedonien gesetzte Höchstalter. Allen osteuropäischen Staaten – unabhängig vom Bestehen einer EU-Mitgliedschaft – ist die Nähe zu den reifen westeuropäischen Pkw-Märkten gemein, aus denen eine Überführung ‚auf eigener Achse‘ möglich ist, wodurch weitere Kosten wie etwa für Seefracht entfallen. Den EU-Mitgliedsstaaten sind zudem durch den Wegfall von Zöllen und Beschränkungen kaum Grenzen in Bezug auf die Beschaffung sehr kostengünstiger Gebrauchtfahrzeuge gesetzt.

### 9.2.5 Afrika

Eine Gemeinsamkeit zwischen Asien und Afrika ist die Koexistenz von Rechts- und Linksverkehr. Staaten mit Linksverkehr finden sich vornehmlich im Süden und an der Ostküste des Kontinents. Etwa ein Viertel der fast eine Milliarde Einwohner Afrikas leben in Staaten mit Linksverkehr. Unter diesen ist Südafrika mit einem Bestand von über sechs Millionen Pkw bei etwa 51 Millionen Einwohnern bestandsgrößter Rechtslenker-Markt Afrikas und beschränkt als Produktionsland den Import durch eine strenge Quotierung.<sup>471</sup>

Swasiland setzt eine Altershöchstgrenze bei der Gebrauchtwageneinfuhr von 15 Jahren,<sup>472</sup> Kenia, Lesotho und Namibia regulieren durch ein geringeres Höchstalter von acht Jahren.<sup>473</sup> In Letzterem galt ab dem Jahr 2004 bis 2013 noch ein Höchstalter von fünf Jahren.<sup>474</sup> Es wurde jedoch festgestellt, dass die hierdurch beabsichtigte Wirkung verfehlt wurde. Da sich die Altersgrenze nur auf Importe von außerhalb der SACU<sup>475</sup> bezog, wurden Fahrzeuge oftmals zunächst nach Botswana gebracht und erst nach dortiger Zulassung nach Namibia weiterexportiert, um auf diese Wei-

---

<sup>471</sup> Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 68–69, Daten: VDA

<sup>472</sup> Vgl. Swaziland Revenue Authority (Hg.) (2013)

<sup>473</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011b), vgl. auch UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 4

<sup>474</sup> Vgl. Kaira (2014), vgl. auch Muraranganda (2013)

<sup>475</sup> SACU: South African Customs Union (Südafrikanische Zollunion), eine Liste der Mitgliedsstaaten befindet sich in Anhang E.

se eine Gesetzeslücke zu nutzen.<sup>476</sup> In Mosambik und Botswana sind die Restriktionen strenger. Mosambik schränkt die Einfuhr durch eine niedrigere Höchstgrenze von fünf Jahren für Pkw deutlich weiter ein. In Botswana galt zunächst eine indirekte Altersgrenze durch eine Begrenzung der Laufleistung auf maximal 100.000 Kilometer.<sup>477</sup> Bei einer durchschnittlichen jährlichen Pkw-Fahrleistung in der Bundesrepublik Deutschland von etwa 13.660 Kilometern (Stand 2011)<sup>478</sup> entspräche dies einem theoretischen Höchstalter von weniger als siebeneinhalb Jahren, limitiert aber gegenüber einer reinen Altershöchstgrenze zusätzlich den Verschleiß. Im März 2013 wurde eine Altersbeschränkung auf Importe unter fünf Jahren Alter ergänzt.<sup>479</sup>

Keine besondere Altersgrenze gilt in Simbabwe.<sup>480</sup> Dieser Umstand stellt vor allem für Botswana ein Problem dar, da einige Importe aus Europa mit dem Ziel Simbabwe nach Namibia verschifft und anschließend durch Botswana nach Simbabwe gefahren werden. Der Zustand der mitunter nicht versicherten Fahrzeuge wird jedoch von Seiten Botswanas als ein Sicherheitsrisiko empfunden, weshalb Botswana im Januar 2014 ein Durchfahrverbot für importierte Fahrzeuge verhängte. Ein ähnliches Verbot galt bereits in Südafrika. Die Konsequenz ist ein Kostenanstieg für den Import von Fahrzeugen nach Simbabwe.<sup>481</sup> In Sambia, Tansania, Malawi, Uganda und Mauritius gelten hingegen keine Alterslimits.<sup>482</sup> In Malawi, Uganda und Tansania kommen aber ab einem gewissen Fahrzeugalter zusätzliche Abgaben zum Einfuhrzoll hinzu. In Uganda fällt zusätzlich zum Einfuhrzoll eine Umweltabgabe in Höhe von 20 Prozent des CIF<sup>483</sup>-Wertes an, wenn die Produktion des Pkw mehr als acht Jahre in der Vergangenheit liegt.<sup>484</sup> In Malawi steigen die Kosten seit dem Jahr 2010 durch zusätzliche Verbrauchssteuern auf Fahrzeuge ab acht und ab zwölf Jahren Alter jeweils drastisch an.<sup>485</sup> Bei einem Fahrzeug über zwölf Jahre

---

<sup>476</sup> Vgl. Ashipala (2011)

<sup>477</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 1–5

<sup>478</sup> Vgl. DAT - Deutsche Automobil Treuhand GmbH (Hg.) (2012), S. 57

<sup>479</sup> Vgl. Matambanadzo (2014)

<sup>480</sup> Vgl. ZIMRA - Zimbabwe Revenue Authority (Hg.) (2014)

<sup>481</sup> Vgl. Matambanadzo (2014)

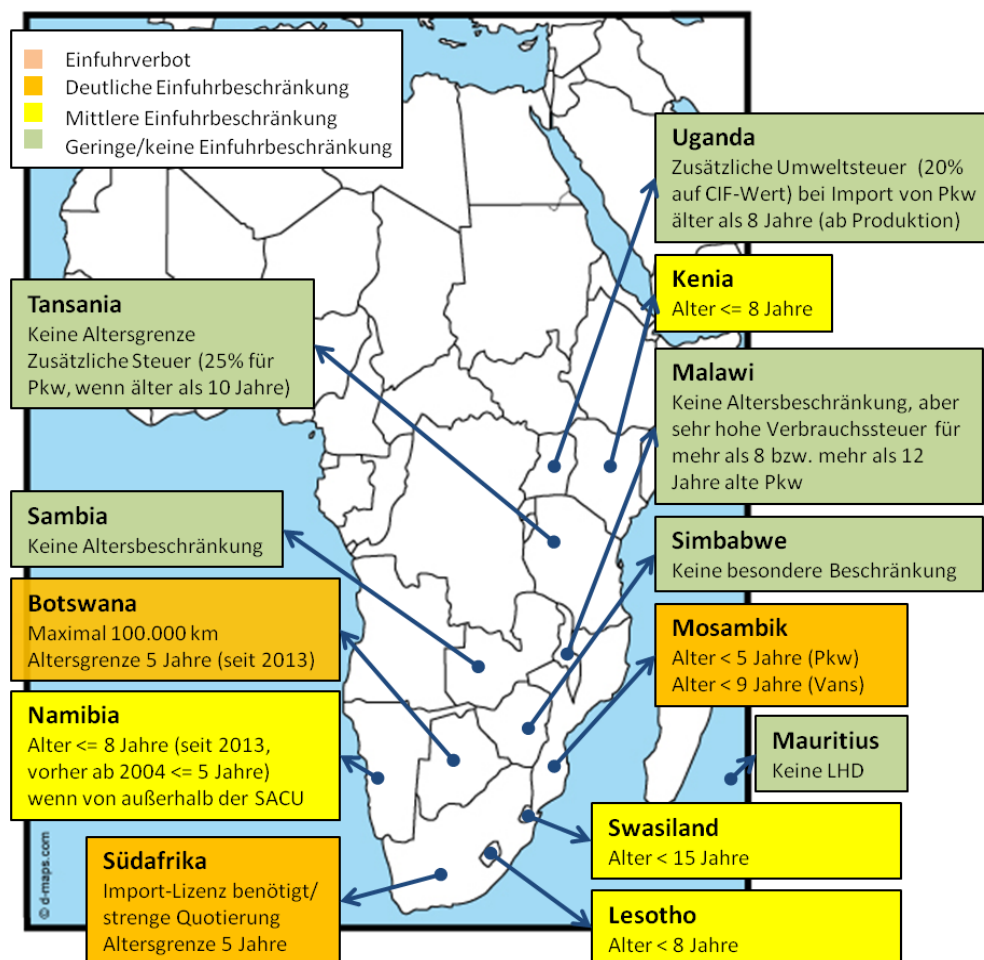
<sup>482</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 8

<sup>483</sup> CIF: Custom Worth + Insurance + Freight (Gesamteinfuhrkosten, bestehend aus Zollwert, Versicherung und Frachtkosten)

<sup>484</sup> Vgl. Uganda Revenue Authority (Hg.) (2013), S. 6

<sup>485</sup> Vgl. Malawi Revenue Authority (Hg.) (2013)

werden zusätzliche 50 Prozent, basierend auf der Summe aus CIF, VAT<sup>486</sup> und Importzoll, erhoben.<sup>487</sup> Eine Besonderheit in Tansania ist eine Verbrauchssteuer im Sinne einer prophylaktisch erhobenen Entsorgungsgebühr auf die Einfuhr von Pkw älter als zehn Jahre. Der Steuersatz liegt bei fünf Prozent für Nutzfahrzeuge und 25 Prozent für sonstige Fahrzeuge.<sup>488</sup> Die Einfuhrbestimmungen von Mauritius lassen nur rechtsgelenkte Fahrzeuge zu und beinhalten eine sehr hohe, nach Hubraum gestaffelte Einfuhr-Verbrauchssteuer.<sup>489</sup> **Abbildung 9.11** fasst die Einfuhrbeschränkungen einiger afrikanischer Linksverkehr-Staaten noch einmal zusammen.



**Abbildung 9.11: GW-Einfuhrregelungen in den RHD-Staaten Afrikas**

(Quelle: Eigene Darstellung, Karte: d-maps.com, Daten: siehe Tabelle A. 70 in Anhang E)

<sup>486</sup> VAT: Value Added Tax (Mehrwertsteuer)

<sup>487</sup> Vgl. Sanje (2013)

<sup>488</sup> Vgl. Tanzania Revenue Authority (Hg.) (2014)

<sup>489</sup> Vgl. Mauritius Revenue Authority (Hg.) (2014)

Ein Problem der afrikanischen Rechtslenker-Märkte besteht darin, dass – mit Ausnahme von Südafrika – die vergleichsweise wohlhabenden Staaten (gemessen am GDP pro Kopf<sup>490</sup>) wie Mauritius, Namibia, Botswana und Swasiland sehr bevölkerungsschwach sind und gemeinsam auf nur knapp sieben Millionen Einwohner kommen. Dies entspricht weniger als drei Prozent der Bevölkerung, die in Rechtslenker-Staaten Afrikas lebt.<sup>491</sup> Somit ist das durch diese Staaten hervorgerufene Potential im Hinblick auf die Gesamtmotorisierung Afrikas sehr begrenzt.

In den Linkslenker-Märkten ist dieses Verhältnis anders. Dort leben etwa 30 Prozent der Bevölkerung in Staaten mit mindestens 4.500 Dollar Pro-Kopf-GDP. Aufgrund der Vielzahl afrikanischer Staaten mit Rechtsverkehr sollen diese nachfolgend in Abhängigkeit ihres GDPs in zwei Gruppen aufgeteilt, die separat betrachtet werden. Zunächst wird auf jene mit einem GDP pro Kopf im Jahr 2012 von mehr als 2.000 Dollar eingegangen.

Nigeria ist der bevölkerungsreichste Staat Afrikas und eines der bevölkerungsstärksten Länder der Erde.<sup>492</sup> Gebrauchte Fahrzeuge dürfen hier nur bis zu einem Alter von 15 Jahren nach Produktionsdatum eingeführt werden.<sup>493</sup> Die nigerianische Regierung erwägt jedoch, im Rahmen eines Zehnjahresplans die sogenannten *Tocunbo Cars* durch Schutzzölle unattraktiv zu machen und gleichzeitig Hersteller zu lokaler Fertigung zu motivieren.<sup>494</sup> Eine vergleichsweise moderate Beschränkung nimmt die Demokratische Republik Kongo vor, in die Fahrzeuge bis zum Alter von zehn Jahren importiert werden dürfen.<sup>495</sup> Niedriger liegt die Grenze in Libyen (maximal fünf Jahre),<sup>496</sup> Gabun (jünger als vier Jahre)<sup>497</sup> und Tunesien (jünger als drei Jahre).<sup>498</sup> Die Republik Kongo, Marokko, Kamerun und Angola gestatten die Ein-

---

<sup>490</sup> GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar) des Jahres 2012 < 2.000 Dollar.

<sup>491</sup> Daten: Weltbank

<sup>492</sup> Daten: Weltbank

<sup>493</sup> Vgl. Nigeria Customs Administration (Hg.) (2014b), vgl. auch Nigeria Customs Administration (Hg.) (2014a), S. 1–6

<sup>494</sup> Vgl. Kingsley/Agba (2014)

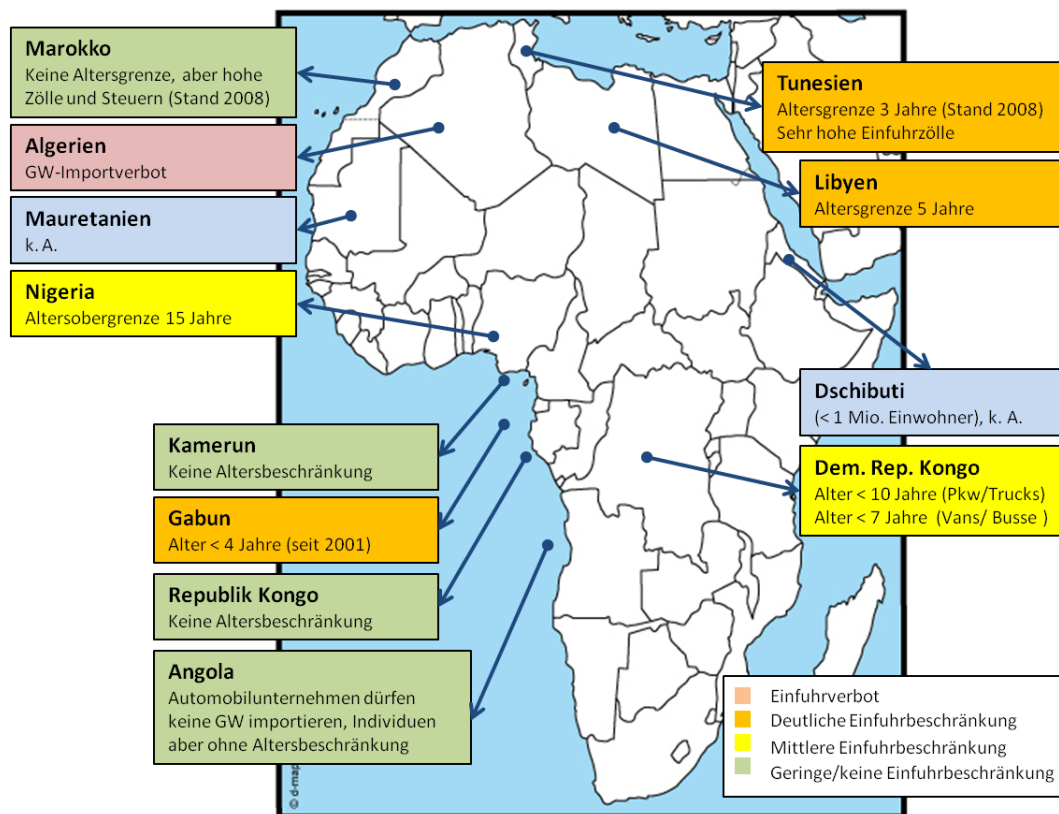
<sup>495</sup> Vgl. Delmas (Hg.) (2013)

<sup>496</sup> Vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2013b)

<sup>497</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 3

<sup>498</sup> Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Aerospace and Automotive Industries (Hg.) (2008), S. 66

fuhr von Gebrauchtwagen jeglichen Alters, erheben jedoch zum Teil massive Steuern, die der Einfuhr älterer Pkw entgegenwirken sollen.<sup>499</sup> Ein nahezu vollständiges Einfuhrverbot für Gebrauchtwagen, das nur einzelne Ausnahmen für seltene Sonderfälle vorsieht, verhängt Algerien.<sup>500</sup> Die nachfolgende **Abbildung 9.12** zeigt diejenigen Staaten mit Rechtsverkehr, deren GDP pro Kopf im Jahr 2012 oberhalb von 2.000 Dollar lag, mitsamt ihrer Einfuhrbestimmungen.



**Abbildung 9.12: GW-Einfuhrregelungen in wohlhabenderen LHD<sup>501</sup>-Staaten Afrikas**

(Quelle: Eigene Darstellung, Karte: d-maps.com, Daten: siehe Tabelle A. 70 in Anhang E)

In den sehr armen Staaten Afrikas sind altersabhängige oder absolute Einfuhrverbote von Gebrauchtwagen mit fünf von 19 Fällen die Ausnahme. Hervorzuheben ist hier der Sudan, der den Import gebrauchter Fahrzeuge mit wenigen Ausnahmen generell verbietet. Die nachfolgende **Abbildung 9.13** zeigt diejenigen Staaten mit

<sup>499</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 1–2, vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Aerospace and Automotive Industries (Hg.) (2008), S. 66, vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2013b)

<sup>500</sup> Vgl. Mack (2012)

<sup>501</sup> LHD: Left Hand Drive (linksgelenktes Fahrzeug für den Rechtsverkehr)

Rechtsverkehr, deren GDP pro Kopf<sup>502</sup> im Jahr 2012 unterhalb von 2.000 Dollar lag mitsamt einigen Einfuhrbestimmungen.

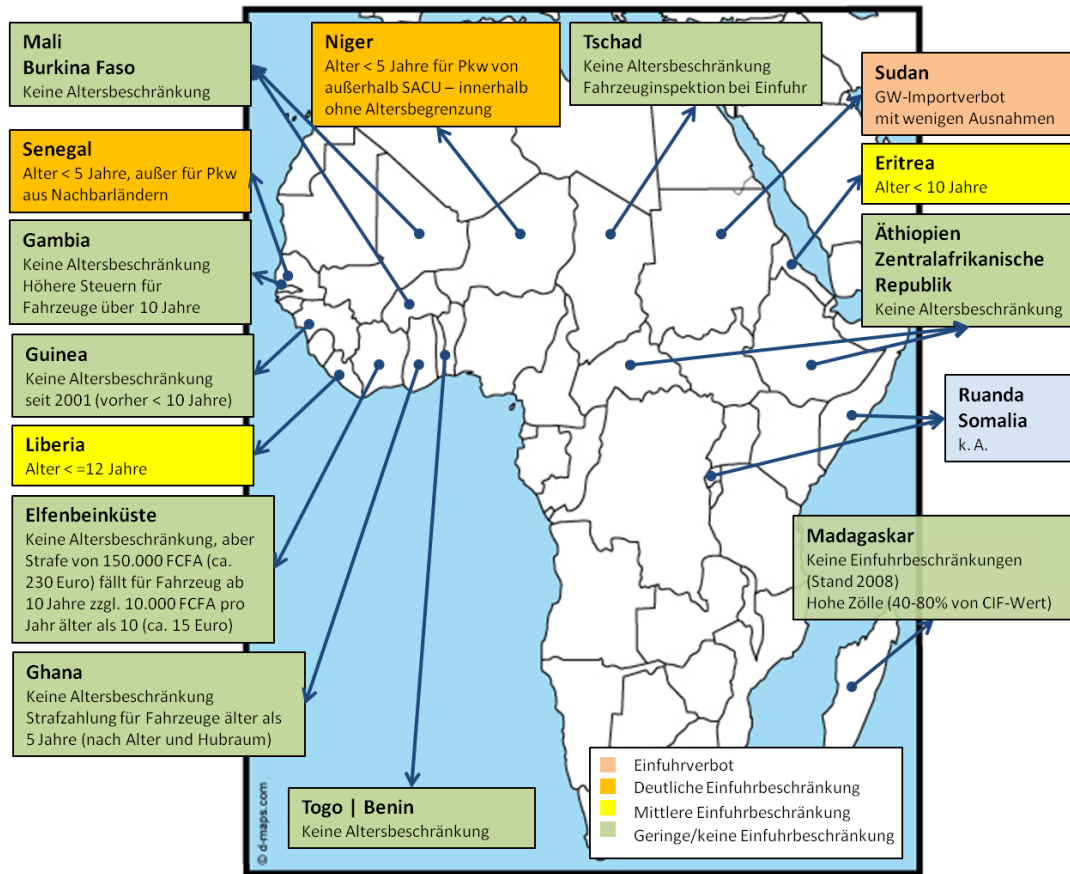


Abbildung 9.13: GW-Einfuhrregelungen in den sonstigen LHD-Staaten Afrikas<sup>503</sup>

(Quelle: Eigene Darstellung, Karte: d-maps.com, Daten: siehe Tabelle A. 70 in Anhang E)

In Liberia und Eritrea gelten Altersgrenzen von zwölf bzw. zehn Jahren.<sup>504</sup> Strenger eingeschränkt wird der Import in Niger und im Senegal, wo Pkw jünger als fünf Jahre sein müssen. Ausgenommen sind hiervon in Niger aber Fahrzeuge, die aus der Südafrikanischen Zollunion (SACU) stammen. Im Senegal sind Pkw aus Nachbarstaaten von der Beschränkung ausgenommen.<sup>505</sup> Die übrigen Länder verzichten generell auf ein Alterslimit, dennoch sind in einigen Fällen weitere Abgaben an das Alter geknüpft. So verlangt die Elfenbeinküste eine Strafzahlung, die Fahrzeuge ab

<sup>502</sup> GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar), Daten: Weltbank

<sup>503</sup> FCFA: Franc de la Communauté Financière d'Afrique

<sup>504</sup> Vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2012c), S. 1–2, vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 3

<sup>505</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 6, vgl. MFE - Maison des Français de l'Étranger (Hg.) (2014)

zehn Jahren betrifft und mit steigendem Alter zunimmt, während Ghana eine nach Alter und Hubraum gestaffelte Strafzahlung ab fünf Jahren erhebt. In Gambia fallen für Pkw ab zehn Jahren Alter höhere Steuern an.<sup>506</sup>

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die wenig regulierten Rechtslenker-Staaten mit Pro-Kopf-GDPs unterhalb von 2.000 Dollar vergleichsweise wenig restriktiv sind, während die wohlhabenderen nur einen Bruchteil der Bevölkerung beheimaten, wodurch das dortige Absatzpotential sehr begrenzt ist. Eine Ausnahme bildet Südafrika, das mit eigener Pkw-Produktion und einer Bevölkerung von mehr als 50 Millionen Einwohnern einen deutlichen Entwicklungsvorsprung besitzt. Drei Viertel der Bevölkerung Afrikas leben in Linkslenker-Staaten. Vergleichsweise wohlhabende Staaten (mit mehr als 4.500 Dollar Pro-Kopf-GDP) vereinigen hier etwa 30 Prozent der Bevölkerung, sind aber oftmals stark reguliert. In den weniger wohlhabenden Staaten sind Altersobergrenzen hingegen eher die Ausnahme. Besonders hervorzuheben ist unter diesen Nigeria, das im Durchschnitt der letzten zehn Jahre ein mittleres jährliches GDP-Wachstum von etwa 9,4 Prozent aufwies, während die Weltwirtschaft im Mittel um nur 2,7 Prozent zulegte. Gleichzeitig ist die nigerianische Bevölkerung mit fast 170 Millionen Einwohnern die mit Abstand größte Afrikas und siebtgrößte weltweit.<sup>507</sup> Gegenwärtig sind die Einfuhrbedingungen mit einer Altersobergrenze von 15 Jahren noch günstig – Schutzzölle werden jedoch bereits erwogen.<sup>508</sup> Diese Erwägungen stehen – neben dem von Botswana im Jahr 2014 in Kraft gesetzten Durchfahrtsverbot<sup>509</sup> und den Erfahrungen aus Namibia, wo die Gesetzeslücke der Ausnahmeregelungen für SACU-Importe genutzt wurde<sup>510</sup> – für eine gewisse Dynamik in Bezug auf Gebrauchtwagenimporte auf dem afrikanischen Kontinent. Auf der einen Seite stehen die Bemühungen der Regierungen, eine Überflutung mit Altfahrzeugen zu verhindern und nicht zu reinen Verwertern zu werden. Auf der anderen Seite sieht die Bevölkerung auch in wenig wohlhabenden Staaten die Chance einer kostengünstigen Motorisierung und ist kreativ im Auffinden von Gesetzeslücken zum Umgehen bestehender Schutzmaßnahmen.

---

<sup>506</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 3–8, Daten: Weltbank

<sup>507</sup> Daten: Weltbank

<sup>508</sup> Vgl. Kingsley/Agba (2014)

<sup>509</sup> Vgl. Matambanadzo (2014)

<sup>510</sup> Vgl. Ashipala (2011)



### 9.2.6 Zusammenfassende Klassifizierung der Einfuhrbedingungen

Wie gezeigt wurde, existieren in einigen Staaten unterschiedlich ausgeprägte Regulierungen zur Gebrauchtwageneinfuhr, die diese entweder generell oder in Teilen über definierte Kriterien ausschließen. Neben solchen direkt begrenzenden Maßnahmen führen indirekte Instrumente wie Zölle, Steuern und sonstige Abgaben, die teilweise an das Fahrzeugalter geknüpft sind, zu einer Benachteiligung auswärtiger Pkw gegenüber bereits im Land vorhandenen oder jüngeren Fahrzeugen. Ferner mindern oder eliminieren sie den möglichen Kostenvorteil eines älteren Pkw aus dem Ausland gegenüber der Anschaffung eines Neufahrzeugs. **Abbildung 9.14** fasst einige häufige Gebrauchtwageneinfuhr-Regulierungs-Kriterien zusammen.

Verbot	<b>Gebrauchtwagen-Einfuhrverbot</b>	Unter anderem China, Indonesien, Philippinen, Thailand, Argentinien, Brasilien, Chile, Ecuador, Kolumbien, Uruguay, Venezuela
Teil-Ausschluss	<b>Höchstalter</b>	Maximal 2 Jahre: Pakistan, Syrien Maximal 3 Jahre: Indien, Bangladesh, Singapur, uvm. Maximal 10 Jahre: Myanmar, Paraguay, Jordanien, Oman, uvm.
	<b>Emissionsanforderungen</b>	Kasachstan, Weißrussland, uvm.: Mindestens Euro IV
	<b>Bauliche Anforderungen</b>	Keine Rechtslenker-Fahrzeuge in vielen Rechtsverkehr-Ländern und umgekehrt
	<b>Antrieb</b>	Brasilien: keine Dieselfahrzeuge Bolivien: keine LPG-Fahrzeuge Indien: nicht zwischen 1.000 und 2.500 ccm Hubraum
	<b>Import-Quotierung über Lizenzvergabe</b>	Malaysia, Südafrika
Sanktion	<b>Steuern / Zölle</b>	Russland: altersbasiertes Steuersystem für importierte Pkw Mongolei: nach Hubraum und Alter gestaffelte Import-Verbrauchssteuer
	<b>Weitere Abgaben</b>	Uganda: Umweltabgabe bei Einfuhr eines Pkw > 8 Jahre Tansania: ‚Dumping Fee‘ bei Einfuhr eines Pkw > 10 Jahre

**Abbildung 9.14: Klassifizierung von Einfuhrbedingungen**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: siehe Tabelle A. 70 in Anhang E)

Nicht erfasst sind an dieser Stelle verpflichtende Straßentauglichkeitsprüfungen, wie sie in einigen Ländern gefordert werden. Deren unterschiedliche mögliche Ausgestaltungen, Anforderungen und Bewertungen entbehren einer Vergleichbarkeit. Zudem ist anzumerken, dass Oldtimer, Enthusiastenfahrzeuge, Spezialfahrzeuge und Diplomatenfahrzeuge von Einfuhrverboten oftmals ausgenommen sind.

### 9.3 Zentrale Ergebnisse zu regionalen Trends

Nach der Klassifizierung der einzelnen limitierenden Maßnahmen werden im Folgenden Konsequenzen für die großen Anbieter Japan, USA, Westeuropa und Südkorea im Hinblick auf mögliche Zielmärkte abgeleitet.

#### 9.3.1 Potentielle Zielmärkte japanischer Rechtslenker-Fahrzeuge

Von den hier untersuchten 176 Pkw-Märkten sind 44 RHD-Märkte (einschließlich Japan). Diese 44 Staaten umfassen gemeinsam etwa 2,5 Milliarden Einwohner. Nachfolgend werden hiervon jene 25 Länder mit einer Bevölkerung von mehr als einer Million und weniger als 300 Pkw pro 1.000 Einwohner betrachtet.

Der flächendeckende Rechtsverkehr in Zentral- und Vorderasien und das bereits hohe Motorisierungsniveau der vier Linksverkehr-Staaten Europas lassen diese als Zielmärkte für ältere rechtsgelenkte Gebrauchtfahrzeuge weitestgehend ausscheiden. Importverbote oder niedrige Altershöchstgrenzen von vier Jahren oder weniger disqualifizieren zudem die potentiellen Märkte Lateinamerikas und Asiens. Es verbleiben somit fast ausschließlich afrikanische Staaten als mögliche Ziele gebrauchter Pkw älter als fünf Jahre. Eine Ausnahme hiervon bilden Papua Neuguinea und Hongkong, beide mit einer Bevölkerung von etwa sieben Millionen Einwohnern. Im dichtbesiedelten Hongkong bremst aber – wie bereits in Kapitel 9.2.3 erläutert – die zur Verfügung stehende Fläche in Verbindung mit einer großzügig bemessenen Zulassungssteuer die Gebrauchtwageneinfuhr. Zudem ist das Pro-Kopf-GDP auf westeuropäischem Niveau.<sup>511</sup> In Papua Neuguinea, einem Staat in Ozeanien ohne nennenswerte Motorisierung,<sup>512</sup> begrenzen die sehr hohen Einfuhrsteuern – ab 40 Prozent des Fahrzeugwertes zuzüglich Fracht- und Versicherungskosten – die Attraktivität von Gebrauchtwagenimporten erheblich.<sup>513</sup>

In Afrika verbleiben ohne Altersbegrenzung sechs potentielle Abnehmer älterer Gebrauchtfahrzeuge. Drei von ihnen koppeln jedoch – wie bereits in Kapitel 9.2.5

---

<sup>511</sup> Daten: Weltbank

<sup>512</sup> Die Weltbank gibt die Pkw-Dichte für das Jahr 2007 mit sechs Pkw pro 1.000 Einwohner an.

<sup>513</sup> Vgl. Papua New Guinea Customs Service (Hg.) (2014)

erläutert – Zölle oder Verbrauchssteuern an das Alter des Import-Gebrauchtwagens: Malawi, Tansania und Uganda. In Malawi ist ob des sehr geringen Pro-Kopf-GDPs davon auszugehen, dass die extrem hohen altersabhängigen Verbrauchssteuersätze der Motorisierungsentwicklung im Wege stehen. Von den übrigen drei Staaten ohne Altersbeschränkung erheben Mauritius und Sambia eine rein hubraumbezogene Verbrauchssteuer. Wenngleich diese vergleichsweise hoch sein kann, so ist sie doch ohne Altersbezug. In Simbabwe gelten keine besonderen Einschränkungen. Ein im Januar 2014 von Botswana eingeführtes Durchfahrverbot wird jedoch die Importkosten nach Simbabwe erhöhen.<sup>514</sup> Neben den sechs erwähnten Staaten erlaubt Swasiland die Einfuhr bis zu einem Alter von 15 Jahren. Namibia, Lesotho und Kenia gestatten bis zu acht Jahre Alter. Ein besonders hohes Wachstumspotential besitzt dabei Kenia, da es – gemessen an der Bevölkerung – mit 43 Millionen Einwohnern drittgrößter Rechtslenker-Staat ist und Kenias Wachstum im Zehnjahreszeitraum 2003-2012 stärker als das Weltwirtschaftswachstum war. Auch im Dreijahreszeitraum 2010-2012 lag es mit 4,9 Prozent deutlich über dem weltweiten Wirtschaftswachstum von etwa drei Prozent.<sup>515</sup>

Werden diejenigen Staaten mit einer Bevölkerung von weniger als drei Millionen Einwohnern von der Betrachtung ausgenommen, verbleiben die in der nachfolgenden **Tabelle 9.5** dargestellten Nationen als potentielle Ziele rechtsgelenkter Gebrauchtwagen mit einem Alter von fünf Jahren und älter.

Land	Bevölkerung (2012 in Mio.)	GDP pro Kopf (2012 in Dollar)	Ø GDP-Wachstum (2010-2012)	Pkw-Dichte (Jahr)
Tansania	47,8	1.380	6,8%	n. v.
Kenia	43,2	1.522	4,9%	13,7 (2010)
Uganda	36,3	1.165	5,3%	3 (2009)
Malawi	15,9	660	-1,3%	4 (2007)
Sambia	14,1	1.476	7,3%	13 (2008)
Simbabwe	13,7	n. v.	8,2%	98 (2007)

**Tabelle 9.5: Potentielle Rechtslenker-Zielmärkte<sup>516</sup>**

(Daten: Weltbank)

<sup>514</sup> Vgl. Matambanadzo (2014)

<sup>515</sup> Daten: Weltbank

<sup>516</sup> GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar)

Aus vorangegangener Tabelle 9.5 wird deutlich, dass die betrachteten afrikanischen Staaten mit Ausnahme von Malawi allesamt stärker gewachsen sind als die Weltwirtschaft, die im Zeitraum 2010-2012 auf eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von etwa drei Prozent kam. Die Rechtslenker-Märkte Ost-Afrikas werden damit zur Haupt-Zielgruppe für japanische Gebrauchtwagen ab einem Alter von fünf Jahren. Da Papua-Neuguinea und Hongkong aus gegebenen Gründen kaum Absatzpotential zu bieten scheinen, sind die afrikanischen Märkte in Ermangelung von Alternativen auch die einzig mögliche Destination für gebrauchte Rechtslenker-Fahrzeuge mit fünf Jahren Alter und mehr.

### 9.3.2 Potentielle Zielmärkte US-amerikanischer Fahrzeuge

Ob der starken Restriktionen in Südamerika kommen als Abnehmer älterer Gebrauchtwagen aus den USA in geographischer Nähe vor allem Staaten Mittelamerikas und Mexiko infrage. Die nachfolgende **Tabelle 9.6** enthält diejenigen Staaten mit einer Bevölkerung von mehr als einer Million Einwohner und einer Pkw-Dichte unterhalb von 300 Pkw pro 1.000 Einwohner, die den Import von Fahrzeugen älter als zehn Jahre gestatten.

Land	Bevölkerung (2012 in Mio.)	GDP pro Kopf (2012 in Dollar)	Ø GDP-Wachstum (2010-2012)	Pkw-Dichte (Jahr)
Mexiko	120,8	13.067	4,3%	190,8 (2010)
Guatemala	15,1	4.397	3,4%	37 (2010)
Haiti	10,2	1.058	0,9%	n. v.
Costa Rica	4,8	11.156	4,8%	135,1 (2010)
Panama	3,8	14.320	9,7%	102,2 (2010)

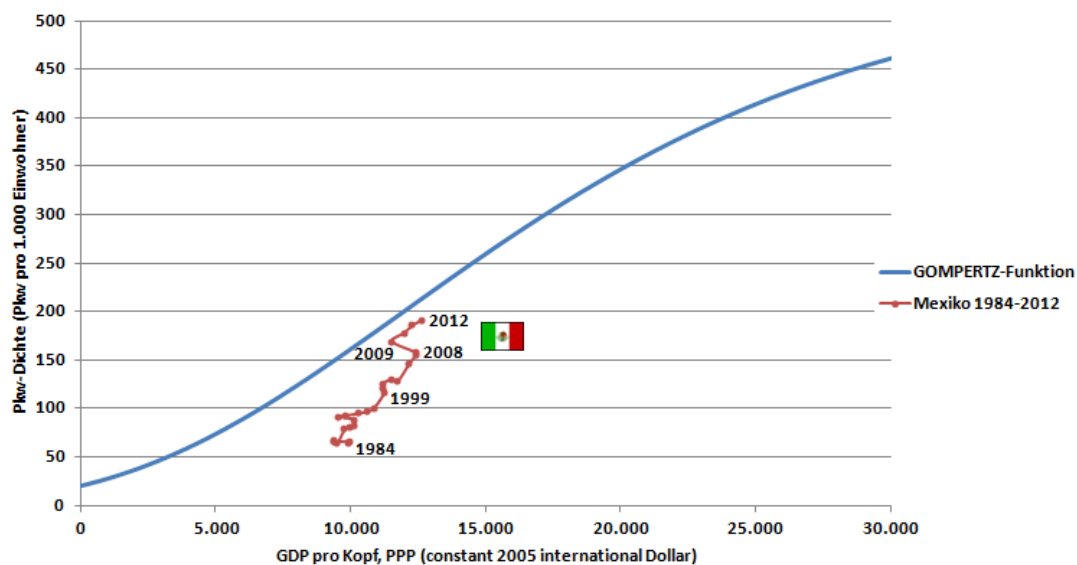
**Tabelle 9.6: Potentielle Linkslenker-Zielmärkte für US-amerikanische Pkw<sup>517</sup>**

(Daten: Weltbank)

Es wird deutlich, dass Haiti aufgrund des niedrigen GDPs und Wirtschaftswachstums eine untergeordnete Rolle spielt. Panama und Costa Rica sind nur schwach bevölkert, jedoch in beiden Aspekten auffällig stark. Dennoch sticht Mexiko als am höchsten motorisiertes und am stärksten bevölkertes Land aus der Gruppe heraus. Aufgrund der bereits in Kapitel 9.2.1 erwähnten Sonderrolle, soll auf die Entwicklung Mexikos hier noch einmal etwas detaillierter eingegangen werden.

<sup>517</sup> GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar)

Als direkter Nachbar und NAFTA-Partner der USA zeigen sich Ähnlichkeiten zur Ausgangssituation zwischen Deutschland und Polen. In beiden Fällen ist die gemeinsame Grenze weitläufig und sowohl bei der Pkw-Dichte als auch der Wirtschaftsleistung und der damit verbundenen Kaufkraft herrscht ein deutliches Gefälle. Deutschland wie auch die USA weisen eine starke Pkw-Produktion auf und beide gehören zu den bestandsstärksten Ländern der Welt. Zudem besteht wie zwischen Deutschland und Polen auch zwischen den Vereinigten Staaten von Amerika und Mexiko ein Freihandelsabkommen, wenngleich die zwischen Letztgenannten bestehende Konvention noch vorübergehende Einschränkungen erlaubt. Die nachfolgende **Abbildung 9.15** stellt, neben der in Kapitel 7.1.3 auf Basis von Zeitreihendaten aus 63 Ländern geschätzten GOMPERTZ-Funktion, die Entwicklung der Pkw-Dichte Mexikos zwischen den Jahren 1984 und 2012 über dem GDP pro Kopf dar.



**Abbildung 9.15: Pkw-Dichte-Entwicklung Mexikos 1984-2012**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: VDA, Weltbank)

Im Jahr 1984 entfielen in Mexiko nur etwa 64 Pkw und leichte Nutzfahrzeuge auf 1.000 Einwohner, ein Niveau, das in den USA bereits im Jahr 1919 erreicht wurde. Selbst das in Mexiko im Jahr 2012 erlangte Dichte-Niveau erreichten die Vereinigten Staaten bereits in den späten 1930iger Jahren.<sup>518</sup>

<sup>518</sup> Daten: U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration

In Mexiko existierten über Jahrzehnte hohe Steuern auf Neuwagen und erhebliche Restriktionen des Gebrauchtwagenimports. Deren Konsequenz war, dass gleiche Fahrzeuge in den USA deutlich preisgünstiger erworben werden konnten als in Mexiko. Dieser Umstand eröffnete einen großen Schwarzmarkt, vor allem in der Grenzregion.<sup>519</sup> Hierdurch gab es schon vor den ersten Liberalisierungsmaßnahmen einen Motorisierungsbeitrag durch Grau-Importe und illegale Gebrauchtwagenimporte, die zunächst nicht erfasst werden konnten. Unrechtmäßig eingeführte Fahrzeuge bewegten sich dann nicht registriert und ohne Versicherung auf mexikanischen Straßen.<sup>520</sup> Denn vor 2005 existierte ein Einfuhrverbot für alle gebrauchten Fahrzeuge, von dem lediglich bestimmte Vehikel für die landwirtschaftliche Nutzung ausgenommen waren. Zwar führten erste NAFTA-Regelungen ab dem 1. Januar 1994 schon für einige Güter zur Zollabschaffung und für andere wiederum zu Zollreduktionen. Aber während Beschränkungen in Bezug auf Gebrauchtwagenimporte zwischen den USA und Kanada sofort aufgehoben wurden, stimmte Mexiko lediglich zu, die bestehenden Restriktionen ab dem 1. Januar 2009 bis zum 1. Januar 2019 kontinuierlich abzubauen.<sup>521</sup>

In den Jahren 2000 und 2005 gab es dann für einen Teil solcher illegalen Importe Amnestien, so zum Beispiel im März 2000 für Pick-Ups mit einem Mindestalter von zehn Jahren.<sup>522</sup> Fünf Jahre später, im August 2005, folgte überraschend eine vom damaligen mexikanischen Präsidenten Vicente Fox initiierte weitere Amnestie für unrechtmäßig eingeführte Fahrzeuge.<sup>523</sup> Das Dekret vom 22. August 2005 legalisierte Gebrauchtwagenimporte aller Fahrzeuge zwischen zehn und 15 Jahren Alter mit weniger als 4,6 Tonnen Gewicht.<sup>524</sup> Schmuggler illegal importierter Fahrzeuge erhielten die Möglichkeit, diese nun gegen Zahlung einer Steuer in Höhe von 15 Prozent des Fahrzeugwertes zuzulassen. Neben der Lockerung der bis dahin sehr strikten Gebrauchtwagenimport-Regelungen wurden im August 2005 auch für Neufahrzeuge aus mexikanischer Produktion die Steuern gesenkt, um diese erschwing-

---

<sup>519</sup> Vgl. Dickerson (2008)

<sup>520</sup> Vgl. Chu/Delgado (2009), S. 348–349

<sup>521</sup> Vgl. Davis/Kahn (2010), S. 59–62

<sup>522</sup> Vgl. Chu/Delgado (2009), S. 348

<sup>523</sup> Vgl. Dickerson/Enriquez (2005), vgl. auch Dickerson (2008)

<sup>524</sup> Vgl. Chu/Delgado (2009), S. 348

licher zu machen.<sup>525</sup> Abgesehen vom erhobenen Zoll in Höhe von 15 Prozent war dieses Dekret prinzipiell eine Vorwegnahme der NAFTA-Regulierung, die ab 2009 gelten sollte.<sup>526</sup> Kritiker dieser Regeländerung waren vor allem Industrie- und Umweltaktivisten, die der Überzeugung waren, dass eine Schädigung der heimischen Industrie und des Klimas billigend in Kauf genommen werde, um mit den Amnestien und Lockerungen die Sympathie der Bürger im Wahlkampf zu gewinnen.<sup>527</sup> Andererseits wurde diese Regelung als ein Kompromiss dargestellt, der durch Exklusion junger Pkw (jünger als zehn Jahre) den Neuwagenabsatz schützen und durch Ausgrenzung älterer als 15 Jahre die Emissionen begrenzen sollte.<sup>528</sup>

Im Jahr 2007 wurden die Gebrauchtwagen-Einfuhrbestimmungen dahingehend revidiert, dass ab April 2008 bis Inkrafttreten der NAFTA-Regelung zum 1. Januar 2009 nur noch Fahrzeuge des Baujahres 1998 importiert werden durften.<sup>529</sup> Zeitgleich wurde der Einfuhrzoll von drei auf 15 Prozent angehoben. All dies geschah auf Druck des mexikanischen Automobil-Vertriebs-Verbands<sup>530</sup>, der einen Substitutionseffekt zulasten des Neuwagenabsatzes und eine Überflutung des Landes mit ‚Schrott‘ feststellte.<sup>531</sup>

Seit dem 1. Januar 2009 gelten auf Basis des Nordamerikanischen Freihandelsabkommens neue Rahmenbedingungen. Zunächst sind seit dem Jahr 2009 Gebrauchtwagenimporte mit mindestens zehn Jahren Alter im Markt erlaubt und zollfrei. In der Folge sinkt alle zwei Jahre sukzessive das Mindestalter um zwei Jahre, so dass dieses seit 2013 bei sechs Jahren liegt und schließlich ab 2019 alle Gebrauchtwagenimporte unabhängig ihres Alters zulässig sein werden.<sup>532</sup> Die geltende Regelung, die gegenüber gängiger Praxis in vielen anderen Staaten statt einem Höchstalter ein Mindestalter für importierte Gebrauchtwagen setzt, provoziert und motiviert die Einfuhr preisgünstiger alter Fahrzeuge, die im Nachbarstaat USA aus-

---

<sup>525</sup> Vgl. Dickerson/Enriquez (2005)

<sup>526</sup> Vgl. Chu/Delgado (2009), S. 348

<sup>527</sup> Vgl. Dickerson/Enriquez (2005)

<sup>528</sup> Vgl. Davis/Kahn (2010), S. 62–63

<sup>529</sup> Vgl. Chu/Delgado (2009), S. 348

<sup>530</sup> Mexican Association of Automobile Distributors

<sup>531</sup> Vgl. Davis/Kahn (2010), S. 63–64

<sup>532</sup> Vgl. Chu/Delgado (2009), S. 353

reichend vorhanden sind. So wurde das Fahrzeugvolumen im US-amerikanischen Bestand im Alter von zehn Jahren und älter im Jahr 2009 auf rund 100 Millionen geschätzt.<sup>533</sup>

Trotz weitaus ungünstigerer Rahmenbedingungen sind aber auch die Auswirkungen der Importeffekte vor Inkrafttreten der NAFTA-Regelung im Jahr 2009 nicht zu unterschätzen. So betraf die Amnestie im August 2005 etwa drei Millionen Gesetzesübertreter, die bis dahin mit rechtswidrig importierten Fahrzeugen in Mexiko unterwegs waren.<sup>534</sup> Weiterhin geht das mexikanische Wirtschaftssekretariat<sup>535</sup> davon aus, dass in den Jahren 2006 und 2007 rund 2,8 Millionen Gebrauchtwagen regulär für den Markt zugelassen wurden, was im Vergleich zu den etwa 2,3 Millionen gleichzeitig zugelassenen Neuwagen ein Übergewicht bildet.<sup>536</sup> Allein im Jahr 2007 wurden nach Einschätzung des mexikanischen Wirtschaftssekretariats rund 1,2 Millionen Gebrauchtwagen legal eingeführt, während mehr als 1,15 Millionen Neuwagen zugelassen wurden. Jedoch sind in diesen offiziellen Zahlen noch diejenigen Autos nicht enthalten, die sich ohne gültige Zulassung, Versicherung und Einhalten von Abgasvorschriften auf mexikanischen Straßen bewegen. Die Größenordnung solcher Fahrzeuge wird auf zwei bis vier Millionen geschätzt.<sup>537</sup> Aufgrund der niedrigeren Preise werden in Mexiko vor allem kompakte Neuwagen verkauft. Preisgünstige geräumigere Importe aus den USA stellen für mexikanische Käufer eine interessante Alternative dar, zumal deren Zustand gegenüber einheimischen Pkw oftmals besser ist, da sie weniger auf nicht asphaltierten Straßen eingesetzt wurden.<sup>538</sup>

Weitere Probleme werden schon aus den voranstehenden Erläuterungen über die Ausmaße geschmuggelter Fahrzeuge deutlich. So kamen einige Fahrzeuge nach Mexiko, die andernfalls in den USA verschrottet worden wären. Zwar gelten offiziell Mindestanforderungen an Sicherheitsstandards, deren Einhaltung aber oftmals

---

<sup>533</sup> Vgl. Chu/Delgado (2009), S. 350

<sup>534</sup> Vgl. Dickerson/Enriquez (2005)

<sup>535</sup> Secretariat of Economy

<sup>536</sup> Vgl. Chu/Delgado (2009), S. 360

<sup>537</sup> Vgl. Chu/Delgado (2009), S. 349

<sup>538</sup> Vgl. Dickerson (2008)



der Korruption zum Opfer fällt.<sup>539</sup> Eine ähnliche Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis gilt in Bezug auf existierende nationale Abgasnormen. Laut GERMANY TRADE AND INVEST existieren zur Überwachung von deren Einhaltung nur in 19 der 31 Bundesstaaten entsprechende Kontrollinstanzen.<sup>540</sup> Die allgegenwärtige Korruption hinterlässt ihre Spuren zudem in statistischen Daten, denn im Hinblick auf die Volumina geschmuggelter Fahrzeuge wird deutlich, welches Ausmaß tatsächlicher Motorisierung zunächst nicht erfasst wurde und mit jeder Amnestie dann zu einem sprunghaften Anstieg der erfassten Motorisierungsdichte führte.

Abseits der erläuterten Probleme wird jedoch deutlich, dass Mexiko mit einer Bevölkerung von mehr als 120 Millionen und einem überdurchschnittlichen Wirtschaftswachstum in den vergangenen Jahren (2010-2012) sowie sehr liberalen Einfuhrbedingungen gegenüber alten Fahrzeugen Hauptkandidat älterer US-amerikanischer Gebrauchtwagen sein dürfte.

### **9.3.3 Potentielle Zielmärkte (west-)europäischer Fahrzeuge**

Bezogen auf die Entwicklung der Pkw-Märkte Westeuropas wurde bereits erläutert, dass der Großteil der Gebrauchtwagenexporte aus reiferen EU-Mitgliedsstaaten in jüngerer Vergangenheit weniger stark motorisierte neue EU-Mitglieder zum Ziel hatte. Begünstigt wurde diese Verschiebung vordergründig durch die Errichtung des EU-Binnenmarktes, der das gesamte Gebiet der Europäischen Union als einen gemeinsamen Markt ohne Binnengrenzen für den freien Handel ansieht und somit Einfuhrbeschränkungen weitestgehend gesetzlich ausschließt.

In den EU15-Staaten liegt die mittlere Pkw-Dichte bei etwa 500 Pkw pro 1.000 Einwohner. In elf osteuropäischen Staaten der Europäischen Union (Bulgarien, Estland, Kroatien, Lettland, Litauen, Polen, Rumänien, Slowakei, Slowenien, Ungarn und der Tschechischen Republik) liegt sie im Mittel bei etwa 390, streut dabei aber erheblich. Litauen ist mit etwa 580 Pkw pro 1.000 Einwohner am stärksten motorisiert, Rumänien hat demgegenüber mit nur 210 den höchsten Nachholbe-

---

<sup>539</sup> Vgl. Dickerson (2008)

<sup>540</sup> Vgl. Buerstedde (2012), S. 2

darf.<sup>541</sup> Zwar verfügt Rumänien auch über das geringste Pro-Kopf-GDP der Gruppe und gehört damit zu denjenigen osteuropäischen Märkten, deren Distanz zu den westeuropäischen Anbietermärkten vergleichsweise groß ist. Dennoch ist das GDP-Niveau mit mehr als 11.000 Dollar pro Kopf keinesfalls zu gering für ein Bestandswachstum über Gebrauchtwagenimporte. So wurden – trotz weiter Distanz – alleine für das Jahr 2012 fast 118.000 ehemals in Deutschland zugelassene Pkw, die in Rumänien wiederzugelassen wurden, über das REGINA-System erfasst.<sup>542</sup>

Sobald die Nachfrage in EU-Staaten Osteuropas infolge eintretender Marktsättigung nachlässt, werden Exportvolumina für angrenzende osteuropäische Nicht-EU-Staaten und vorderasiatische Länder frei, die einen guten Marktzugang besitzen, zumal der Transport über die Straße erfolgen kann. Kandidaten hierfür sind etwa die bevölkerungsschwachen Staaten Albanien, Armenien oder Georgien, die jeweils Gebrauchtwagenimporte bis zu einem Alter von 15 Jahren erlauben. Aber auch Bosnien und Herzegowina, Mazedonien, Serbien und der Iran, Weißrussland oder Russland, die über etwas striktere Regelungen verfügen und teilweise zusätzliche Emissionsanforderungen stellen, könnten zukünftig frei werdende Volumina aufnehmen.

Ein weiterer wesentlicher Effekt, der zu berücksichtigen ist, betrifft die Dynamik, zu der weitere EU-Beitritte führen könnten. Der mit einem Beitritt zur Europäischen Union und der Teilnahme am EU-Binnenmarkt verbundene Zwangsabbau bestehender Handelshemmnisse könnte etwa einen Wandel hervorrufen. Drastische Auswirkungen könnte dies bei einem hypothetischen Beitritt der Türkei haben, die gegenwärtig durch eine äußerst restriktive Politik mit einem Höchstalter von einem Jahr die Einfuhr gebrauchter Fahrzeuge aus dem Ausland weitestgehend unterbindet. Demgegenüber wäre bei einem Abbau dieser Regulierung und einem damit verbundenen plötzlichen Zugang zu erheblich preisgünstigeren Pkw mit einer Überflutung der Türkei mit älteren Gebrauchtwagen zu rechnen.

---

<sup>541</sup> Daten: Eurostat, UNECE, VDA

<sup>542</sup> Vgl. KBA - Kraftfahrt-Bundesamt (Hg.) (2013b), S. 13

Nachdem im Fall der Exportmärkte USA (vgl. Kapitel 9.3.2) und Westeuropa (vgl. Kapitel 9.3.3) mit Lateinamerika und Osteuropa zunächst ausschließlich das direkt angrenzende Umfeld als Ziel für die größten Linkslenker-Gebrauchtwagen-exporteure fokussiert wurde, schließt sich dem nun – analog zur Vorgehensweise für die Rechtslenker-Märkte in Kapitel 9.3.1 – eine Betrachtung sonstiger potentieller Abnehmer für Linkslenker-Fahrzeuge an.

### 9.3.4 Weitere potentielle Zielmärkte für Linkslenker-Fahrzeuge

Unter den hier untersuchten 176 Pkw-Märkten sind (einschließlich reifer Märkte) 132 Linkslenker-Märkte. Eine Eingrenzung auf Nicht-EU-Staaten, deren Bevölkerung größer als sechs Millionen, deren Pkw-Dichte kleiner als 250 Pkw pro 1.000 Einwohner ist und in denen weder eine Altersgrenze, noch ein sonstiges Verbot die Einfuhr von Fahrzeugen älter als zehn Jahre unterbindet, führt zu 32 relevanten Staaten, die zusammen mehr als eine Milliarde Einwohner beheimaten.<sup>543</sup>

Auch hier zeigt sich, dass mit 17 von 32 Ländern ein Großteil der nicht regulierten und bevölkerungsstärkeren verbleibenden Nationen in Afrika liegt. Die afrikanischen Staaten weisen jedoch vergleichsweise geringe Pro-Kopf-GDPs auf, so dass bei einer zusätzlichen Eingrenzung auf ein minimales Level von 2.000 Dollar im Jahr 2012 noch vier der letztlich 14 verbleibenden Staaten in Afrika liegen. Ferner zählen zwei lateinamerikanische und drei osteuropäische Nicht-EU-Staaten sowie drei Länder aus Vorder- bzw. Zentralasien und zwei aus dem sonstigen Asien dazu. Diese 14 Nationen zeigt die nachfolgende **Tabelle 9.7**. Die osteuropäischen Staaten Russland, die Ukraine und Serbien stellen ausnahmslos – wie bereits gezeigt – Mindestanforderungen an die Abgasnorm. Russland erhebt darüber hinaus höhere Steuern auf importierte Fahrzeuge älter als fünf Jahre. Auf die Schlüsselrolle von Mexiko wurde bereits in Kapitel 9.3.2 eingegangen. Weiterhin gehört Guatemala zu den 14 Kandidaten. Guatemala besitzt nur etwa ein Achtel der Einwohnerzahl von Mexiko, jedoch unterliegt die Gebrauchtwageneinfuhr keinerlei Beschränkungen. Es werden lediglich höhere Steuern auf Gebrauchtwagen erhoben.<sup>544</sup>

---

<sup>543</sup> Daten: Weltbank, VDA

<sup>544</sup> Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 18

Land	Region	Bevölkerung (2012 in Mio.)	GDP pro Kopf (2012 in Dollar)	Ø GDP-Wachstum (2008-2012)	Pkw-Dichte (Jahr)
Nigeria	Afrika	168,8	2.335	6,9%	31 (2007)
Marokko	Afrika	32,5	4.573	4,8%	61,8 (2010)
Angola	Afrika	20,8	5.262	6,0%	8 (2002)
Tunesien	Afrika	10,8	8.442	2,4%	86,8 (2010)
Kambodscha	Asien	14,9	2.150	5,4%	18 (2005)
Laos	Asien	6,6	2.522	8,0%	n. v.
Mexiko	Lateinamerika	120,8	13.067	1,8%	190,8 (2010)
Guatemala	Lateinamerika	15,1	4.397	2,8%	37 (2010)
Russische Föderation	Osteuropa	143,5	15.177	1,8%	233,2 (2009)
Ukraine	Osteuropa	45,6	6.394	-0,9%	147,6 (2010)
Serbien	Osteuropa	7,2	9.683	0,2%	214,7 (2010)
Iran	Vorderasien	76,4	10.404 (2009)	n. v.	113 (2008)
Irak	Vorderasien	32,6	3.659	7,1%	27 (2006)
Kasachstan	Zentralasien	16,8	11.973	4,8%	189,2 (2010)

**Tabelle 9.7: Ergebnis der Linkslenker-Markt-Auswahl**

(Daten: Weltbank)

In Asien wuchs vor allem das mit weniger als sieben Millionen Einwohnern vergleichsweise kleine Laos im besagten Zehnjahreszeitraum stärker als die 13 übrigen Staaten, besaß im Jahr 2012 mit etwa 2.500 Dollar jedoch auch das drittkleinste GDP pro Kopf<sup>545</sup>. Nach Kambodscha dürfen ebenfalls Fahrzeuge ohne Altersbegrenzung importiert werden. Für beide Staaten gilt ein Einfuhrverbot für RHD-Fahrzeuge. Damit werden beide (mit zusammen etwa 21,5 Millionen Einwohnern) zu einem potentiellen Ziel für Gebrauchtfahrzeuge aus Südkorea, das den am weitesten entwickelten LHD-Markt Ostasiens besitzt, solange Chinas Pkw-Dichte noch auf niedrigem Niveau ist. Aus Vorderasien sind der Iran und der Irak innerhalb der Auswahl. In den Iran dürfen Fahrzeuge spezieller Marken eingeführt werden, zum Irak existieren wenig verlässliche Quellen. Hervorzuheben ist das in Zentralasien gelegene Kasachstan, das nach Mexiko das stärkste Pro-Kopf-GDP aufweist und zudem mit durchschnittlich mehr als sieben Prozent im Zehnjahreszeitraum 2003-2012 mehr als zweieinhalb Mal so schnell wuchs wie die Weltwirtschaft.<sup>546</sup>

In Afrika verbleiben folgende vier Staaten: Nigeria, Marokko, Angola und Tunesien. Ein besonderes Augenmerk gilt dabei Nigeria, das eines der bevölkerungsreichsten Länder der Erde ist und dessen Wirtschaft über den Zeitraum 2003-2012

<sup>545</sup> GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar), Daten: Weltbank

<sup>546</sup> Daten: Weltbank

durchschnittlich mit fast sieben Prozent gewachsen ist. Nigeria verbietet – wie in Kapitel 9.2.5 gezeigt – die Einfuhr von Gebrauchtfahrzeugen, deren Produktionsdatum mehr als 15 Jahre zurückliegt. Es stehen jedoch Pläne im Raum, den Gebrauchtwagenimport durch Zölle im Rahmen eines Zehnjahresplans einzudämmen und lokale Fertigung zu motivieren. Gegenwärtig ist der Einfuhrsteuersatz mit 20 Prozent zuzüglich fünf Prozent Mehrwertsteuer vergleichsweise niedrig. Unter den hier betrachteten afrikanischen Staaten besitzt Nigeria zwar das kleinste Pro-Kopf-GDP, aber das größte Wirtschaftswachstum in den vergangenen Jahren und zudem mehr als zweieinhalb Mal so viele Einwohner wie die übrigen drei afrikanischen Staaten gemeinsam, was ein großes Potential bedeutet.<sup>547</sup>

Linksgelenkte Gebrauchtwagen werden vor allem aus den USA und Westeuropa exportiert. Die mittlere Pkw-Dichte der westeuropäischen EU-Mitgliedsstaaten liegt bei etwa 500 Pkw pro 1.000 Einwohner. Unterhalb einer Dichte von 400 bewegt sich dort nur Dänemark, wo eine Pkw-Anschaffung aufgrund außergewöhnlich hoher Zulassungssteuern außerordentlich teuer ist.<sup>548</sup> Einige osteuropäische EU-Mitglieder liegen zum Teil sogar noch erheblich unterhalb des Dichte-Niveaus von Dänemark. Zu diesen gehören Bulgarien, Kroatien, Lettland, Rumänien, Slowakei und Ungarn.<sup>549</sup> Es kann davon ausgegangen werden, dass diese die Vorzüge des unbeschränkten Handels auf dem EU-Binnenmarkt nutzen werden, um ihrem Sättigungsniveau mit Hilfe preisgünstiger Gebrauchtwagen näher zu kommen.

Ferner könnten weitere Beitrittskandidaten zur Nachahmung des ‚Polen-Szenarios‘ neigen. So beschränkt die Türkei gegenwärtig die Gebrauchtwageneinfuhr massiv, indem sie nur Fahrzeuge des aktuellen oder nächsten Modelljahres zulässt. Gelänge der Türkei der EU-Beitritt, so wäre sie gezwungen am EU-Binnenmarkt teilzunehmen und ihre bestehenden Beschränkungen aufzuheben. Dasselbe gilt für jeden Beitrittskandidaten. Im Fall eines Beitritts ließe sich ein bestehender Protektionismus nicht lang aufrecht erhalten. Auch für einige Nicht-EU-Mitglieder in Osteuro-

---

<sup>547</sup> Daten: Weltbank

<sup>548</sup> Vgl. ACEA - European Automobile Manufacturer's Association (Hg.) (2012), S. 2–4

<sup>549</sup> Daten: VDA

pa, wie etwa Russland, die Ukraine oder Serbien ermöglichen moderate Einfuhrbeschränkungen das Wachstum über alte Gebrauchtwagen.

Mexiko befindet sich durch eine gemeinsame Grenze mit den USA in einer geographisch ähnlich vorteilhaften Lage wie Polen mit seiner Nähe zur Bundesrepublik Deutschland. Zudem begünstigen die Rahmenbedingungen des Gebrauchtwagenimports, die anstelle einer Altersobergrenze ein Mindestalter vorsehen, ein Wachstumsmuster, das von älteren und damit preisgünstigen Gebrauchtwagen geprägt ist. Ansonsten lässt sich der mögliche Zielkorridor älterer Gebrauchtwagen für den Rechtsverkehr weit weniger eingrenzen als für den Linksverkehr. Hier konkurrieren Staaten aus den unterschiedlichen Regionen Asiens und afrikanische Staaten.

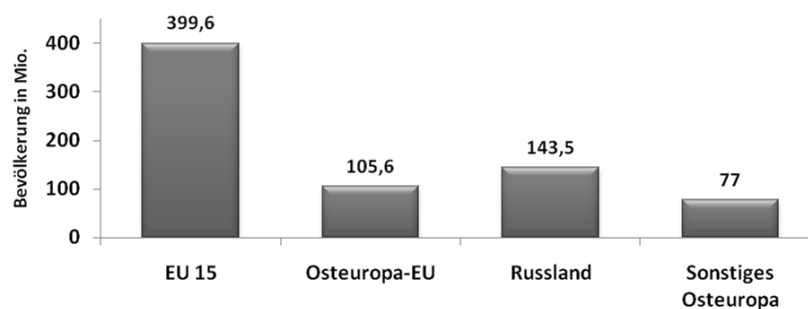
### **9.3.5 Gesamtbetrachtung**

Aus der vorherigen Betrachtung geht hervor, dass üblicherweise zu den Emerging Markets gezählte Staaten unter den identifizierten potentiellen Zielmärkten für ältere Gebrauchtfahrzeuge deutlich in der Unterzahl sind. Eine Ausnahme bilden hier Russland aus den BRIC-Staaten sowie die zu den GOLMAN SACHS‘ Next Eleven gehörigen Staaten Nigeria, Mexiko und der Iran. Alle übrigen klassischen Wachstumsmärkte unterbinden ein vom Import älterer Gebrauchtwagen geprägtes Wachstumsmuster a priori durch Einfuhrverbote und -beschränkungen. Besonders deutlich zeigt sich der starke Protektionismus in Südamerika und den Wachstumsregionen Asiens – wie die Kapitel 9.2.1 und 9.2.3 der vorliegenden Arbeit zeigen.

Die nach Regionen gegliederte Analyse der Einfuhrbeschränkungen im vorliegenden Kapitel zeigt, dass eine Vielzahl von Entwicklungsmärkten – vor allem in Südamerika und Asien – generelle Gebrauchtwagen-Einfuhrverbote verhängt oder den Import auf Pkw beschränkt, die jünger als fünf oder drei Jahre sind. Derartige Altersgrenzen liegen zu niedrig für erhebliche Kostenvorteile und würden somit ein Wachstumsmuster, das zu dem Polens vergleichbar wäre, unterbinden. Hätte für Polen in den vergangenen zehn Jahren ein Einfuhrhöchstalter unterhalb von fünf Jahren gegolten, so hätten mehr als 90 Prozent der in den vergangenen zehn Jahren importierten Gebrauchtwagen nicht eingeführt werden dürfen. So hoch war nämlich

derjenige Anteil aller eingeführten Pkw der letzten zehn Jahre, der älter als vier Jahre war. Rund die Hälfte war sogar älter als zehn Jahre.<sup>550</sup>

Staaten wie Laos und Kambodscha verzichten gegenwärtig vollkommen auf eine Altersbeschränkung, begrenzen aber die Gebrauchtwageneinfuhr auf Linkslenker, die sich für ihren Verkehrstyp eignen.<sup>551</sup> Auch in Vietnam gilt eine solche Regulierung, ausgeweitet auf Umbauten, zusätzlich zur Altersgrenze.<sup>552</sup> Damit soll womöglich die Einfuhr von Gebrauchtwagen aus Thailand und Japan unterbunden werden. Dies zeigt, dass eine ‚Motorisierung um jeden Preis‘ nicht gewünscht ist. Abseits von Verboten sind die Größenverhältnisse zwischen Gebrauchtwagen-Exportangebot und theoretischer Aufnahmekapazität von Wachstumsmärkten häufig deutlich anders als zwischen Westeuropa und Osteuropa. Die nachfolgende **Abbildung 9.16** veranschaulicht deren Bevölkerungsgrößenverhältnis.



**Abbildung 9.16: Bevölkerungsvergleich: EU15 und Osteuropa (2012)**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Weltbank)

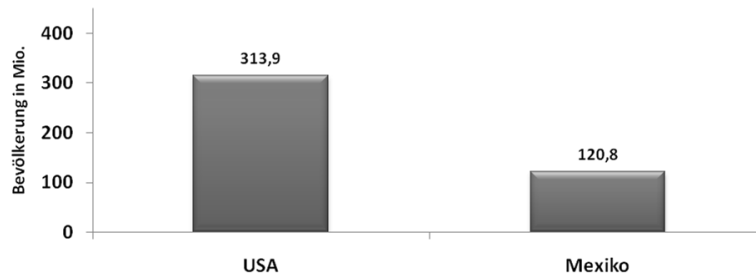
Abbildung 9.16 veranschaulicht, dass die EU15 etwa 20 Prozent mehr Einwohner besitzt als Osteuropa und fast viermal so viele wie die osteuropäischen EU-Mitglieder. Ein ähnlicher Bevölkerungsunterschied ist zwischen den USA und Mexiko festzustellen, wie die nachfolgende **Abbildung 9.17** verdeutlicht. Auch hier weist der reife Markt USA mehr als zweieinhalb Mal so viele Einwohner auf wie

<sup>550</sup> Vgl. Polnischer Automobilindustrieverband (Polski związek przemysłu motoryzacyjnego)/Polnisches Finanzministerium (Hg.) (2012), vgl. auch Polnischer Automobilindustrieverband (Polski związek przemysłu motoryzacyjnego)/Polnisches Finanzministerium (Hg.) (2014)

<sup>551</sup> Vgl. ASEAN - Association of Southeast Asian Nations (Hg.) (2014a), vgl. auch GDCE - The General Department of Customs and Excise of Cambodia (Hg.) (2014)

<sup>552</sup> Vgl. Government of the Socialist Republic of Vietnam (Hg.) (2006), S. 5–24

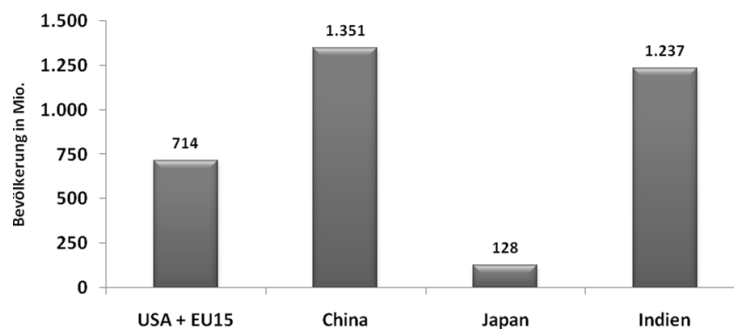
das sich entwickelnde Mexiko, das als potentieller Großabnehmer US-amerikanischer Gebrauchtfahrzeuge identifiziert wurde.



**Abbildung 9.17: Bevölkerungsvergleich: USA und Mexiko (2012)**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Weltbank)

Ganz anders stellt sich die Situation im Hinblick auf Mega-Märkte wie Indien und China dar. Selbst wenn diese auf ihre im Vorherigen erläuterten Einfuhrbeschränkungen verzichten würden, wären die Größenverhältnisse dort vollkommen entgegengesetzt. Die nachfolgende **Abbildung 9.18** vergleicht die Einwohnerzahlen der reifsten Linkslenker-Märkte mit China, das gegenwärtig für die stärkste Nachfrage nach linksgelenkten Pkw steht und das weltgrößte Absatzpotential aufweist. Daneben wird die Bevölkerung Japans als größter Rechtslenker-Markt der zwölf Mal so großen Bevölkerung Indiens – einem Rechtslenker-Wachstumsmarkt mit gewaltigem Potential – gegenübergestellt. Die zu Abbildung 9.16 und Abbildung 9.17 gegensätzlichen Verhältnisse zwischen der Bevölkerungsgröße von Anbieter- und Nachfragemärkten verdeutlichen, dass selbst eine Bündelung der Gebrauchtwagenexporte der reifsten Pkw-Märkte nur einen geringen Beitrag zum Wachstum der Mega-Märkte beisteuern könnte.



**Abbildung 9.18: Bevölkerungsvergleich: Rechts- und Linkslenker-Regionen (2012)**

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten: Weltbank)



## 9.4 Einschränkende Anmerkungen zu den Ergebnissen

Im Vorangegangenen wurden Einfuhrregelungen einer Vielzahl von Staaten untersucht und potentielle Zielmärkte für ältere und damit kostengünstige Gebrauchtwagen aus reifen Pkw-Märkten identifiziert. Als Zielmärkte für Rechtslenker aus Japan älter als fünf Jahre wurden etwa ausschließlich afrikanische Staaten ermittelt und Mexiko als potentieller künftiger Großabnehmer für ältere US-amerikanische Fahrzeuge identifiziert.

Hinsichtlich der Ergebnisse sind allerdings Einschränkungen zu machen. So kann es sich bei der Recherche der Einfuhrregelungen immer nur um eine Momentaufnahme handeln, die zwar ab Inkrafttreten zunächst einmal unbefristet gilt, jedoch schnell veränderbar ist. Eine solche Modifikation kann etwa der Abschluss eines Handelsabkommens sein. Vor diesem Hintergrund wurde bereits auf die Konsequenzen eines EU-Beitritts und den daran geknüpften Binnenmarkt eingegangen.

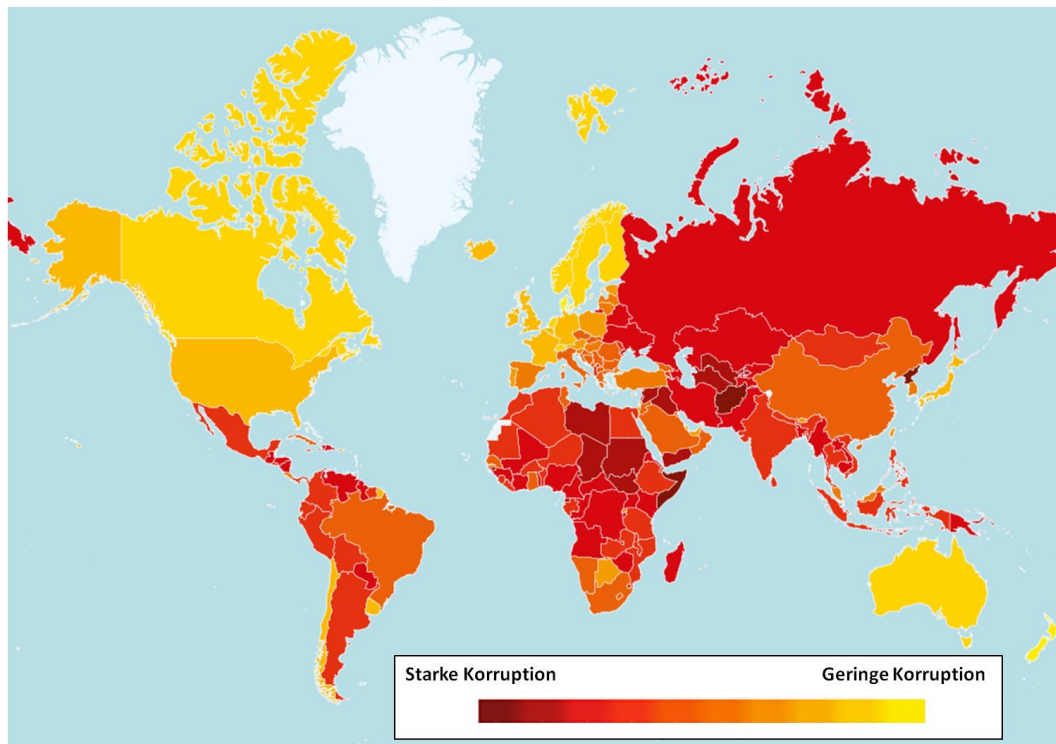
Ebenso sind eine Marktöffnung oder aber protektionistische Maßnahmen praktisch jederzeit möglich, sofern damit keine bestehenden Abkommen verletzt werden. Darüber hinaus ist durch die alleinige Existenz von Gesetzen deren Einhaltung keinesfalls sichergestellt. Vor diesem Hintergrund wurde in Kapitel 9.3.2 auf bisherige Auswirkungen von Korruption auf dem mexikanischen Pkw-Markt eingegangen.

Durch die geschmuggelten Pkw-Volumina in Mexiko und die Tatsache, dass diese erst infolge von Amnestien in Statistiken sichtbar wurden, werden zwei Dinge deutlich. Zum einen müssen Alltagspraxis und rechtlicher Rahmen nicht zwangsläufig übereinstimmen. Zum anderen können Statistiken nur das abbilden, was bekannt ist. Bei Namibia-Importen war eine Umgehung der dortigen Einfuhraltersgrenze durch kurzzeitige Zwischenzulassung in Botswana möglich. Eine ukrainische Internet-Autozeitung berichtet von einer Pkw-Preissteigerung in Höhe von zehn bis zwölf Prozent, die durch Korruption an der Grenze zustande käme.<sup>553</sup> Wie ebenfalls erwähnt wurde, war Russland trotz eines Importverbots für Rechtslenker einer der größten Importeure von Gebrauchtwagen aus Japan. Dass alle eingeführten Fahr-

---

<sup>553</sup> Vgl. Shevchenko (2014), Übersetzung durch Evgeny Shalabanov (CAR)

zeuge umgerüstet oder weiter exportiert wurden, erscheint wenig plausibel. Wahrscheinlicher ist, dass geltende Gesetze durch Korruption umgangen wurden und werden, da diese gerade in weniger entwickelten Regionen erheblich stärker ausgeprägt ist. Diesen Umstand veranschaulicht auch die nachfolgende Karte von TRANSPARENCY INTERNATIONAL (**Abbildung 9.19**).



**Abbildung 9.19: Korruptions-Weltkarte**

(Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Transparency International (Hg.) (2014))

Die Komponente Korruption bzw. Schmuggel bleibt in einer solchen Untersuchung aber zwangsläufig eine Unbekannte, deren Existenz zwar nicht zu leugnen, aber kaum quantifizierbar ist.

## 10 Fazit

Der Zusammenhang zwischen Pro-Kopf-GDP und Pkw-Bestandswachstum für Langfristprognosen ist in der Forschung fest etabliert. Zuweilen wurde Kritik an der ausschließlichen Verwendung des GDPs geübt und mittels Kaufkraftangleichung sinkenden Neuwagenpreisen Rechnung getragen. Vernachlässigt wurde in solchen Überlegungen ein möglicher Einfluss von Gebrauchtwagenimporten. Darin besteht insofern ein Manko, als Gebrauchtwagenpreise die Neuwagenpreise infolge des Wertverlustes mit zunehmendem Alter ganz erheblich unterschreiten können. Zudem wurde nach weiteren Faktoren gesucht, um den ohnehin schon guten Erklärungsgrad für eine Vielzahl von Ländern weiter zu verbessern. Ausreißern vom klassischen Wachstumsmuster wurde hingegen kaum Aufmerksamkeit gewidmet.

Die vorliegende Untersuchung hat dargelegt, dass die Rolle von Gebrauchtwagenimporten für das Bestandswachstum nicht als vernachlässigbar angesehen werden darf. Stattdessen zeigt insbesondere das Fallbeispiel der polnischen Pkw-Marktentwicklung der vergangenen zehn Jahre eindrucksvoll deren mögliche Konsequenzen: die Erreichung hoher Pkw-Dichten bei vergleichsweise geringem Wohlstand, die im Fall Polens zu einer deutlichen Abweichung vom klassischen Entwicklungskorridor führt.

Ein zentrales Ergebnis der anschließenden Untersuchung regionaler Einfuhrregulierungen ist, dass nahezu flächendeckende Restriktionen und abweichende Größenverhältnisse ein Wachstumsmuster mit solch enormem Import-Übergewicht größtenteils verhindern dürften. Einige der sogenannten Emerging Markets sind Bevölkerungsriesen, für die kein ausreichend großes Exportangebot zur Verfügung steht, um signifikante oder gar überwiegende Anteile ihres Bestandswachstums aus Gebrauchtwagenimporten zu speisen. Eine Ausnahme hiervon bildet Mexiko, dessen geographische Lage, Einfuhrgesetzgebung und Größenverhältnis zum benachbarten Angebotsmarkt USA ein verstärktes Wachstum durch alte, kostengünstige Gebraucht-Pkw begünstigen.

Ein weiteres Resultat besteht darin, dass die rechtlichen Rahmenbedingungen im EU-Binnenmarkt einen begünstigenden Nährboden für eine Fortsetzung des Gebrauchtwagenstroms von Westeuropa nach Osteuropa bilden. Zwar haben einige osteuropäische EU-Mitglieder bereits hohe Pkw-Dichten erreicht, doch andere sind von ihrer Sättigungsgrenze noch deutlich entfernt. Daneben besteht Nachfragepotential in osteuropäischen Nicht-EU-Staaten. Hinzu kommen neue mögliche Potentiale durch EU-Beitritte und die daran geknüpfte Partizipation am EU-Binnenmarkt. Dies könnte vor allem im Beitrittsfall der stark regulierten und bevölkerungsreichen Türkei zu einem großen, dort entstehenden Nachfragepotential nach älteren Pkw führen. Demzufolge entwickeln sich höherwertige Märkte, die organisch und vorwiegend durch Neuwagen wachsen neben überalterten Märkten, deren Wachstum sich zu großen Teilen aus älteren Gebrauchtwagen speist.

Eine Erkenntnis, die vordergründig Japan betrifft, ist die Feststellung, dass deren Gebrauchtwagenexporte ab Überschreitung einer Altersgrenze von fünf Jahren praktisch nur noch afrikanische Zielmärkte haben können, da sich unter anderem der potentielle Großabnehmer Indien gegen deren Einfuhr sperrt. Weit in die Zukunft geblickt, werden die zukünftig gigantischen Pkw-Bestände der Bevölkerungsriesen China und später auch Indien die Absatzstruktur auf den Weltmärkten maßgeblich verändern. Insbesondere für deren Umfeld wird durch ein überdimensionales Pkw-Exportangebot die Möglichkeit zu kostengünstigem und schnellerem Pkw-Wachstum bei geringerem Wohlstand gegeben sein, als in China und Indien selbst.

## **10.1 Zusammenfassung des wissenschaftlichen Beitrags**

Bisherige Forschungsarbeiten zum Pkw-Bestandswachstum verwenden in der Regel eine Einkommensgröße als zentrale Erklärungsvariable für den Pkw-Bestand. Einige Untersuchungen versuchen, die Ergebnisse durch darüber hinausgehende Erklärungsgrößen zu präzisieren. Solche weiteren Größen sollen einen zusätzlichen Erklärungsbeitrag für jene Bestandsunterschiede leisten, die zwischen Ländern trotz gleicher Einkommensniveaus auftreten können.

Wie solche Arbeiten unter Beweis stellen, ist der zusätzliche Erklärungsgrad durch jede weitere Größe nur gering. Insbesondere im Verhältnis zur Einkommensgröße, die als zentrale Erklärungsvariable bereits mehr als 80 Prozent der auftretenden Varianz erklärt. Obwohl der Erklärungszuwachs durch jede zusätzliche Größe nur gering ist, erhöht sich der erforderliche Datenbedarf zum Teil erheblich. Einerseits für die Modellschätzung, deren Ziel die Gewinnung eines erklärenden Modellzusammenhangs ist, andererseits müssen Zeitreihen und Prognosewerte jeder Erklärungsgröße für Länder zur Verfügung stehen, deren zukünftiger Pkw-Bestand mit diesem hergeleiteten Wirkungszusammenhang prognostiziert werden soll.

Ähnliches gilt für Forschungsarbeiten, die einzelne Parameter der verwendeten Funktion für jedes betrachtete Land individuell schätzen und damit für jeden Staat eine eigene Funktion generieren. Das Ergebnis dieses Vorgehens ist eine Schar von Funktionen, die sich in jeweils einem oder mehreren Parametern unterscheiden. Der Kausalzusammenhang, der diese Parameteränderung hervorruft, ist dabei aber oftmals nicht direkt sichtbar. Für Prognosezwecke stellt sich somit die Herausforderung, aus einer Vielzahl verschiedener Parameterkonstellationen diejenige Funktion auszuwählen, die am ehesten die Wachstumscharakteristik eines zu prognostizierenden Staates reflektieren wird. Aber gerade hierfür fehlt in frühen Entwicklungsstadien in Ermangelung von Daten häufig jeglicher Anhaltspunkt.

Die vorliegende Arbeit verzichtet auf zusätzliche Erklärungsgrößen oder länderspezifische Parameter. Stattdessen konzentriert sie sich allein auf den Zusammenhang zwischen der Pkw-Dichte und der dominanten Erklärungsgröße GDP pro Kopf. Sie identifiziert zunächst sehr unterschiedliche Pkw-Dichte-Niveaus trotz ähnlicher Einkommenslevels. Als solche Staaten, die besonders hohe Dichte-Niveaus bei vergleichsweise geringen Pro-Kopf-Einkommen erreicht haben, werden einige osteuropäische Länder ermittelt. Die für diese Gruppe stellvertretende exemplarische Untersuchung Polens, für dessen Wachstumsverlauf ein deutlich höheres als das tatsächlich vorliegende Einkommensniveau zu erwarten gewesen wäre, zeigt, dass das dortige Bestandswachstum größtenteils durch (vornehmlich alte) Gebrauchtwagen getrieben war und ist. Aufgrund des hohen Durchschnittsalters dieser Fahrzeuge und wegen deren hohem Anteil am Bestandswachstum ist davon auszugehen,

dass ein derartiger Bestandszuwachs mit deutlich geringerem Kostenaufwand umsetzbar ist, als wenn dieselbe Menge an Pkw zu Neuwagenpreisen erworben werden müsste. Diese Erkenntnis beweist, dass die in bisherigen Forschungsarbeiten implizit getroffene Annahme eines homogenen Pkw-Bestandswachstums, das ausschließlich oder weit überwiegend durch Neuwagen entsteht, eine nicht zu vernachlässigende Fehlerquelle darstellen kann.

Stattdessen kann ein erhöhter Anteil kostengünstiger Gebrauchtwagenimporte die Kaufkraft dahingehend ändern, dass der für ein Durchschnittsland bestehende Modellzusammenhang die Pkw-Dichte und deren Änderung (in Abhängigkeit des GDPs pro Kopf) erheblich unterschätzt. In frühen Entwicklungsstadien von Märkten wie Deutschland, USA oder Großbritannien war die implizite Annahme eines homogenen Pkw-Bestandswachstums unproblematisch, da kein Pkw-Markt vollständig reif war und demzufolge keinerlei nennenswerte Gebrauchtwagen-Handelsströme zu erwarten waren. Demgegenüber kann diese Annahme vor dem Hintergrund inzwischen reifer Triade-Märkte keinesfalls uneingeschränkt auf die Gegenwart übertragen werden. Vielmehr ist im Vorfeld der Prognose eines interessierenden Entwicklungsmarktes zu prüfen, inwiefern ein Zugang zu einem konkurrierenden Gebrauchtwagenangebot gegeben ist. Dann besteht nämlich die Möglichkeit, dass auch niedrigen Einkommensschichten, für die ein Neuwagen unbezahlbar wäre, durch kostengünstige Gebrauchtwagenimporte eine Pkw-Anschaffung ermöglicht wird. Der Pkw-Bestand kann demzufolge schneller und stärker wachsen, als die Modellannahme bei gegebenem Einkommensniveau unterstellt.

Zur Abklärung einer solchen Alternative zum reinen Neuwagenbezug in einem fokussierten Entwicklungsmarkt ist zu prüfen, ob der Zielmarkt den Gebrauchtwagenimport durch protektionistische Maßnahmen einschränkt oder sogar ausschließt. Die vorliegende Arbeit untersucht daher 113 Staaten im Hinblick auf derartige protektionistische Maßnahmen. Aufgrund des altersabhängigen Wertverfalls von Pkw und den mit steigendem Fahrzeugalter sinkenden Beschaffungskosten, liegt der Fokus insbesondere auf der Beschränkung des Einfuhrhöchstalters gebrauchter Pkw. Die strukturierte Analyse der Gebrauchtwagen-Einfuhrvorschriften ermöglicht eine schnelle und transparente Einschätzung ohne zusätzlichen Datenbedarf.

Auf Basis der recherchierten Einfuhrbedingungen werden in dieser Arbeit Märkte identifiziert, in denen eine besondere Wachstumscharakteristik durch einen erhöhten Gebrauchtwagen-Importanteil sehr wahrscheinlich ist oder zumindest erwogen werden muss. Gleichmaßen kann ein solches Wachstum aufgrund gegenwärtig geltender Vorschriften und Größenverhältnisse der Märkte für einen Großteil der betrachteten Staaten ausgeschlossen werden.

## 10.2 Implikationen für die Praxis

Aus den Ergebnissen ergeben sich direkte Konsequenzen für die Marktpotentialabschätzungen von Automobilherstellern für deren Produktions- und Absatzplanung. Da ein starkes Bestandswachstum – wie gezeigt wurde – nicht zwangsläufig einen hohen Neuwagenabsatz bedingt, muss eine eventuelle Bedrohung durch Zugang zu ausländischen Gebrauchtwagenmärkten stets berücksichtigt werden. Dies gilt heute und in naher Zukunft für Osteuropa und Mexiko, in besonderem Maße aber auch für das Umfeld der bevölkerungsreichen Wachstumsmärkte China und Indien. Eine Unterschätzung einer möglichen Substitution von Neuwagenabsatz durch Gebrauchtwagenimporte birgt grundsätzlich die Gefahr der Potentialüberschätzung.

Die Rahmenbedingungen des EU-Binnenmarktes und das dort entstehende Gefälle zwischen höherwertigen und überalterten Pkw-Märkten von West nach Ost, steht einigen Harmonisierungsbemühungen der Europäischen Union im Wege. Osteuropa lebt hinsichtlich seiner Motorisierung gewissermaßen ‚über seinen Verhältnissen‘. Ohne die preisgünstige Anschaffungsoption wäre weiten Bevölkerungsteilen kein eigener Pkw möglich. Es entstehen überalterte Fuhrparks mit vergleichsweise schlechten Umweltstandards. Gegenwärtig sind dort an den CO<sub>2</sub>-Ausstoß geknüpfte Zulassungs- oder Besitzsteuern die Ausnahme, während sie in Westeuropa gehäuft auftreten. Eine konsequente Harmonisierung, etwa in Form einer einheitlichen anstatt 28 verschiedener Kfz-Besteuerungs-Regeln würde in Verbindung mit den Wohlstandsunterschieden und den Fuhrpark-Altern problematisch und könnte in Osteuropa zu einer indirekten Zwangsenteignung vieler Pkw-Besitzer führen. Daher verwundert es wenig, dass sich hinsichtlich darauf abzielender Rechtsakte bis-

lang keine einstimmige Zustimmung im Europäischen Rat erzielen ließ.<sup>554</sup> Vielmehr ist gegenüber solchen Vorhaben auch weiterhin ein enormer Widerstand zu erwarten.

Gerade für Absatzpotentialabschätzungen der Hersteller ist wichtig zu berücksichtigen, dass die Kaufkraft in nicht organisch gewachsenen Pkw-Märkten bei gleicher Pkw-Dichte niedriger liegt als jene in organisch gewachsenen. Der eingeschränkte Abnehmerkreis für rechtsgelenkte Pkw, vornehmlich aus Japan, könnte entweder zu kürzeren Haltedauern in Japan oder zu hohem Preisdruck und voranschreitender Motorisierung bei niedrigem Wohlstandsniveau in den identifizierten möglichen Abnehmerstaaten in Afrika führen. Die Dimensionen, die sehr langfristig für die Pkw-Bestände der beiden Bevölkerungsgiganten China und Indien angenommen werden, werden die weltweite Versorgungsstruktur gravierend verändern. Fraglich ist, ob es deren Nachbarstaaten möglich sein wird, bei derart großen zu erwartenden Beständen die bestehenden Einfuhrbeschränkungen aufrechtzuerhalten. Zudem stellen die zu erwartenden Pkw-Massen Herausforderungen in Bezug auf deren Verwertung.

### 10.3 Implikationen für die Forschung

Das Wachstumsmuster Polens zeigt exemplarisch – entgegen der Erfahrungswerte aus den bereits weit vorher entwickelten Industrienationen – ein Bestandswachstum, das nur zu einem geringen Anteil von Neuwagen getrieben ist. Darüber hinaus nahm Polen laut REGINA-System im Jahr 2012 den mit Abstand größten Anteil deutscher Pkw-Exporte ab. Die Nachfrage anderer osteuropäischer EU-Mitglieder variierte dagegen sehr stark. Das führt zur Frage nach den Faktoren, die das Ziel bestehender Pkw-Exportangebote bestimmen und von welchen Größen das Verhältnis von Neuwagen und Gebrauchtwagen am Bestandswachstum determiniert wird. Einen ersten Schritt in diese Richtung haben PELLETIERE/REINERT, die im Jahre 2002 der Frage nachgehen, welche Faktoren den Protektionsgrad eines Landes gegenüber Gebrauchtwagenimporten determinieren, bereits gemacht.<sup>555</sup> An-

---

<sup>554</sup> Vgl. Europäische Kommission (Hg.) (2014b)

<sup>555</sup> Vgl. Pelletiere/Reinert (2002), S. 1019–1037



schließende Forschungsarbeiten der beiden Autoren konzentrieren sich auf die Bestimmungsfaktoren von Gebrauchtwagen-Handelsströmen aus den USA und Japan in verschiedene Zielländer.<sup>556</sup> Dennoch werden in diesem Bereich weitere Erkenntnisse benötigt, gerade vor dem Hintergrund der Ermittlung von Neuwagen-Absatzpotentialen und deren Bedeutung für die Automobilhersteller.

Bezüglich der unterschiedlichen wertmäßigen Entwicklung von Pkw-Beständen und deren Altersstruktur besteht vor allem in Bezug auf Austauschzeitpunkte und Ausfallraten Forschungsbedarf. Darüber hinaus stellt sich gerade im Hinblick auf die wachsenden Strukturunterschiede von West- gegenüber Osteuropa die Frage, inwiefern gemeinsame Umwelt- und Klimaziele erreichbar sind. Gegenwärtig verschiebt sich die ‚schlechte Luft‘ vornehmlich von Westen nach Osten, gestützt durch den EU-Binnenmarkt, der mögliche protektionistische Maßnahmen seitens der weniger entwickelten osteuropäischen Mitgliedsstaaten unterbindet. Vor diesem Hintergrund wäre von Interesse, inwiefern eine weitere Harmonisierung innerhalb der Europäischen Union unter den stark divergierenden Voraussetzungen zwischen den Mitgliedsstaaten überhaupt umsetzbar ist. Gegenstand der Forschung könnten mögliche Anreizsysteme zur Umsetzung EU-weiter Klimaziele sein, die von allen Mitgliedern getragen werden können, ohne dabei ihre Wirkung zu verfehlen.

Diese Arbeit versucht, die Transparenz im Hinblick auf weltweite Gebrauchtwagen-Einfuhrbedingungen zu erhöhen. Dabei stellte sich vor allem die Europäische Union, als ein Verbund, deren wesentlicher Bestandteil eine Freihandelszone ist, als Nährboden für eine alternative Wachstumsform heraus. In Bezug auf Mexiko zeigte sich zudem die Bedeutung und Auswirkung der NAFTA-Zone, deren Vertrag den Abbau protektionistischer Einfuhrbedingungen Mexikos fordert. Damit muss sich Mexiko zwangsläufig gegenüber Gebrauchtwagenimporten öffnen, mit allen möglichen Konsequenzen. Auch dort ist, fast analog zur Situation in der EU, infolge des fortschreitenden Abbaus des mexikanischen Protektionismus von einer verstärkten Verschiebung besonders klimaschädlicher Fahrzeuge von den Vereinigten Staaten in Richtung Mexiko auszugehen. Ausgehend von diesen zwei Beispielen, in denen jeweils Freihandelszonen abschirmende Maßnahmen unterbinden, ergibt sich weite-

---

<sup>556</sup> Vgl. Pelletiere/Reinert (2004), S. 737–751, vgl. Pelletiere/Reinert (2006), S. 161–172

rer Forschungsbedarf hinsichtlich gegenwärtiger und zukünftiger Freihandelsabkommen und deren Auswirkungen. Vor diesem Hintergrund wäre eine tiefer gehende Untersuchung von Interesse, welcher Spielraum für protektionistische Maßnahmen ohne Verletzung des Reglements der Welthandelsorganisation besteht.

Gegenwärtig liegt kein ausreichendes Wissen vor, was das Sättigungsniveau eines Staates determiniert und woran erkennbar ist, ob es bereits erreicht wurde. Ein Ansatz von DARGAY/GATELY/SOMMER (2007), bei dem länderspezifische Sättigungslevel über die Bevölkerungsdichte und den Urbanisierungsgrad bestimmt werden, macht vorab eine wenig transparente Normalisierungsprozedur notwendig. Grundsätzlich besteht im Zusammenhang mit der Bestandsentwicklungsforschung mittels Wachstumskurven weiterer Bedarf an Ursachenforschung im Hinblick auf Abweichler vom ‚klassischen Verlauf‘.

## 10.4 Ausblick

Interessant wäre die Übertragung der Idee der Kaufkraftberücksichtigung der im Verlauf der Jahre gesunkenen Neuwagenpreise durch den Vehicle-Price-Index, die CHAMON/MAURO/OKAWA (2012) – allerdings nur für China – integrierten: die Bildung einer Kaufkraftgröße, die die Möglichkeit konkurrierender Gebrauchtwagenimporte und deren geringeren Kaufpreis mit einschließen würde, angewendet auf Paneldaten möglichst vieler Staaten. Dies wäre allerdings eine Idealvorstellung und die Komplexität eines solchen Modells infolge zahlreicher unbekannter Größen höchstwahrscheinlich kaum zu handhaben.

Schon die erwogene Erweiterung des in dieser Arbeit im siebten Kapitel verwendeten Grundmodells um einen Faktor, der neben dem Pro-Kopf-GDP jedes Landes das Vorhandensein und gegebenenfalls die Ausprägung einer Einfuhrbeschränkung berücksichtigen sollte, scheiterte an der Datenverfügbarkeit. So hätten für jeden der 63 Staaten für jedes Jahr der Zeitreihe (insgesamt 1.372 Datensätze) Informationen über die jeweilig geltenden Regelungen verfügbar sein müssen. Für das gewünschte Gesamtmodell käme als weitere Unbekannte das Verhältnis aus durchschnittlichem

Neuwagen- und Gebrauchtwagenpreis hinzu, das zudem in jedem Land als verschieden zu erwarten ist.

Die wachsende Anzahl an Pkw-Märkten, denen weltweit Bedeutung zukommt, die steigenden Volumina und die zunehmende Komplexität durch strukturell und kulturell völlig unterschiedliche Marktbedingungen, zu denen auch Einflüsse wie vorliegende Korruption zählen, wird das Forschungsfeld weiter in Richtung der qualitativen Ebene verschieben, auf der maßgebliche Unterschiede und deren Folgen im Vordergrund stehen.



## Literaturverzeichnis

- ACEA - European Automobile Manufacturer's Association (Hg.) (2009):** Vehicle Scrapping Schemes in the European Union. Dokument ist unter ehemaliger URL nicht mehr online verfügbar. Direkte Anfrage an ACEA am 08.08.2014.
- ACEA - European Automobile Manufacturer's Association (Hg.) (2012):** Tax Guide 2012 - EU Summary Extract. Unter Mitarbeit von Marc Greven. Online verfügbar unter [http://www.acea.be/images/uploads/files/20120329\\_TaxGuide2012Highlights.pdf](http://www.acea.be/images/uploads/files/20120329_TaxGuide2012Highlights.pdf), zuletzt aktualisiert am 29.03.2012, zuletzt geprüft am 24.01.2013.
- ACEA - European Automobile Manufacturer's Association (Hg.) (2014):** Consolidated Registrations - By Country. Online verfügbar unter <http://www.acea.be/statistics/tag/category/by-country-registrations>, zuletzt aktualisiert am 11.02.2014, zuletzt geprüft am 03.04.2014.
- Angelini, Terenzio (1969):** Grundlagen langfristiger Partialprognosen. Dargestellt am Beispiel der Märkte für Personenkraftwagen. Bern: Lang Druck AG.
- Aquino, Kristine (2011):** BMW Costing \$260,000 Means Cars Only for Rich in Singapore as Taxes Climb. In: *Bloomberg News*, 17.02.2011. Online verfügbar unter <http://www.bloomberg.com/news/2011-02-16/bmw-3-series-costs-260-000-as-singapore-tax-keeps-cars-for-rich.html>, zuletzt geprüft am 09.02.2014.
- Armstrong, J. Scott; Green, Kesten C. (2011):** Demand Forecasting. Evidence-Based Methods. Philadelphia, Pennsylvania (Working papers / Wharton School, University of Pennsylvania Marketing).
- ASEAN - Association of Southeast Asian Nations (Hg.) (2014a):** Laos - Import and duty rates. Online verfügbar unter <http://www.asean.org/communities/asean-economic-community/item/laos-2>, zuletzt geprüft am 21.02.2014.
- ASEAN - Association of Southeast Asian Nations (Hg.) (2014b):** Malaysia - Tariff and Duty Rates. Online verfügbar unter <http://www.asean.org/communities/asean-economic-community/item/malaysia-4>, zuletzt geprüft am 21.02.2014.
- Asharqia Chamber (Hg.) (2009):** Saudi Customs Enforces Ban on Cars Older than 5 Years. Online verfügbar unter <http://www.chamber.org.sa/English/MediaCenter/BusinessNews/Pages/SaudiCustomsEnforcesBanOnCarsOlderThan5Years.aspx>, zuletzt geprüft am 20.02.2014.
- Ashipala, Paulus (2011):** 6-Year Ban on Import Cars Being Reviewed. In: *Namibian Sun*, 06.03.2011. Online verfügbar unter <http://www.namibiansun.com/node/6258>, zuletzt geprüft am 14.02.2014.
- Auer, Benjamin R.; Rottmann, Horst (2011):** Statistik und Ökonometrie für Wirtschaftswissenschaftler. Eine anwendungsorientierte Einführung. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler.
- Auer, Ludwig von (2011):** Ökonometrie. 5. Aufl. Berlin: Springer.
- Backhaus, Klaus; Erichson, Bernd; Plinke, Wulff; Weiber, Rolf (2011):** Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 13. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer.

- Backhaus, Klaus; Erichson, Bernd; Weiber, Rolf (2011):** Fortgeschrittene multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Berlin [u.a.]: Springer.
- Bain, Andrew D. (1962):** The Growth of Television Ownership in the United Kingdom. In: *International Economic Review* 3 (2), S. 145–167.
- Bates, Douglas M.; Watts, Donald G. (1988):** Nonlinear Regression Analysis and its Applications. New York, NY: Wiley.
- Berekoven, Ludwig; Eckert, Werner; Ellenrieder, Peter (2009):** Marktforschung. Methodische Grundlagen und praktische Anwendung. 12. Aufl. Wiesbaden: Gabler.
- Bertalanffy, Ludwig von (1948):** Das organische Wachstum und seine Gesetzmäßigkeiten. In: *Experientia* 4 (7), S. 255–269.
- Bertalanffy, Ludwig von (1949):** Problems of Organic Growth. In: *Nature* 163, S. 156–158.
- Bewley, Ronald; Fiebig, Denzil G. (1988):** A Flexible Logistic Growth Model with Applications in Telecommunications. In: *International Journal of Forecasting* 4 (2), S. 177–192.
- Bibi.uz (Hg.) (2014):** Gesetzlich festgesetzte Beträge der Einfuhrzölle für Automobile. Auszug aus der gesetzgebenden Versammlung der Republik Usbekistan, Jahr 2010, Nr. 14-15, Seite 103. Online verfügbar unter <http://bibu.uz/normativnaya-baza/1186>, zuletzt aktualisiert am 19.02.2014, zuletzt geprüft am 19.02.2014.
- BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.) (2012):** Umweltzonen / Umweltplakette. Online verfügbar unter <http://www.bmub.bund.de/themen/luft-laerm-verkehr/luftreinhaltung/umweltzonen-umweltplakette/>, zuletzt aktualisiert am 23.08.2012, zuletzt geprüft am 10.06.2014.
- BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.) (2013):** CO<sub>2</sub>-Emissionen senken, Innovationen fördern. Online verfügbar unter <http://www.bmub.bund.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/strassenverkehr/co2-emissionen-senken-innovationen-foerdern/>, zuletzt aktualisiert am 12.03.2013, zuletzt geprüft am 06.04.2014.
- Bolker, Benjamin M. (2008):** Ecological Models and Data in R. Includes bibliographical references and index. - Formerly CIP. Princeton, NJ [u.a.]: Princeton University Press.
- Bouachera, Taoufik; Mazraati, Mohammad (2007):** Fuel Demand and Car Ownership Modelling in India. In: *OPEC Review* 31 (1), S. 27–51.
- Buerstedde, Peter (2012):** Gebrauchtwagenimporte bremsen Kfz-Absatz in Mexiko. In: *Germany Trade and Invest*, 10.02.2012. Online verfügbar unter <http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/maerkte,did=448472.html?view=renderPrint>, zuletzt geprüft am 22.01.2014.
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Hg.) (2010):** Abschlussbericht - Umweltprämie. Online verfügbar unter [http://www.bafa.de/bafa/de/wirtschaftsfoerderung/umweltpraemie/publikationen/ump\\_abschlussbericht.pdf](http://www.bafa.de/bafa/de/wirtschaftsfoerderung/umweltpraemie/publikationen/ump_abschlussbericht.pdf), zuletzt aktualisiert am 05.12.2013, zuletzt geprüft am 18.02.2014.

- Bundesministerium der Finanzen (Hg.) (2013):** Steuern von A bis Z; Ausgabe 2013. Online verfügbar unter [http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/Broschueren\\_Bestellservice/2013-09-24-steuern-von-a-z.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/Broschueren_Bestellservice/2013-09-24-steuern-von-a-z.pdf?__blob=publicationFile&v=6), zuletzt aktualisiert am 24.09.2013, zuletzt geprüft am 17.02.2014.
- Bundesministerium der Finanzen - Zoll online (Hg.) (2014):** Steuersatz für Personenkraftwagen (Pkw). Online verfügbar unter [http://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verkehrsteuern/Kraftfahrzeugsteuer/Grundsaeetze\\_Besteuerung/Steuerhoehe/steuerhoehe\\_node.html#doc457166bodyText2](http://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verkehrsteuern/Kraftfahrzeugsteuer/Grundsaeetze_Besteuerung/Steuerhoehe/steuerhoehe_node.html#doc457166bodyText2), zuletzt geprüft am 17.02.2014.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hg.) (2009):** Richtlinie zur Förderung des Absatzes von Personenkraftwagen vom 26. Juni 2009. Fundstelle: BAnz. (94), S. 2264–2265.
- Button, Kenneth John; Pearman, A. D.; Fowkes, A. S. (1982):** Car Ownership Modelling and Forecasting. Aldershot, HA: Gower.
- Button, Kenneth; Ngoe, Ndoh; Hine, John (1993):** Modelling Vehicle Ownership and Use in Low Income Countries. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 27 (1), S. 51–67.
- Cerwenka, Peter (1975):** Methoden langfristiger Prognosen, gezeigt am Beispiel der Pkw-Motorisierung. Bonn: Bundesminister für Verkehr, Abt. Straßenbau (Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, 179).
- Chamon, Marcos; Mauro, Paolo; Okawa, Yohei (2008):** Mass Car Ownership in the Emerging Market Giants. In: *Economic Policy* 23 (54), S. 243–296.
- Chu, Ted; Delgado, Alejandro (2009):** Used Vehicle Imports Impact on New Vehicle Sales: The Mexican Case. In: *Analisis Economico* 24 (55), S. 347–364.
- Cohen, Jacob (2003):** Applied Multiple Regression, Correlation Analysis for the Behavioral Sciences. 3. Aufl. Mahwah, NJ [u.a.]: Erlbaum.
- Czech, Piotr; Barcik, Jacek (2007):** The Excise Duty of Imported Cars - Legal Problems. In: *Problemy Transportu Selected full texts* 2 (1), S. 45–49.
- Dargay, Joyce; Gately, Dermot (1999):** Income's Effect on Car and Vehicle Ownership, Worldwide: 1960-2015. In: *Transportation Research: Part A: Policy and Practice* 33 (2), S. 101–138.
- Dargay, Joyce; Gately, Dermot; Sommer, Martin (2007):** Vehicle Ownership and Income Growth, Worldwide 1960-2030. In: *The Energy Journal* 28 (4), S. 143–170.
- DAT - Deutsche Automobil Treuhand GmbH (Hg.) (2012):** DAT-Report 2012. Online verfügbar unter [http://www.dat.de/uploads/media/DAT-Report\\_2012\\_Autohaus.pdf](http://www.dat.de/uploads/media/DAT-Report_2012_Autohaus.pdf), zuletzt aktualisiert am 21.03.2012, zuletzt geprüft am 13.12.2012.
- DAT - Deutsche Automobil Treuhand GmbH (Hg.) (2014):** DAT-Report 2014. Online verfügbar unter [http://www.dat.de/fileadmin/media/download/DAT-Report\\_2014.pdf](http://www.dat.de/fileadmin/media/download/DAT-Report_2014.pdf), zuletzt aktualisiert am 17.02.2014, zuletzt geprüft am 23.03.2014.
- Davis, Lucas W.; Kahn, Matthew E. (2010):** International Trade in Used Vehicles: The Environmental Consequences of NAFTA. In: *American Economic Journal: Economic Policy* 2 (4), S. 58–82.

- Delmas (Hg.) (2013):** Restrictions on Imports of Used Vehicles in DRC. Online verfügbar unter <http://www.delmas.com/news/11/restrictions-on-imports-of-used-vehicles-in-drc>, zuletzt aktualisiert am 20.06.2013, zuletzt geprüft am 22.02.2014.
- DESTATIS - Statistisches Bundesamt (Hg.) (2014):** Arbeitsmarkt - EU-Vergleich der Arbeitskosten. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/BevoelkerungSoziales/Arbeitsmarkt/HoeheArbeitskosten.html>, zuletzt aktualisiert am 12.05.2014, zuletzt geprüft am 10.06.2014.
- Deutsche Shell AG (Hg.) (1959):** Verdopplung des Pkw-Bestandes bis 1965. Prognose der Deutschen Shell AG. Deutsche Shell-Aktiengesellschaft, Abt. Wirtschafts- und Marktforschung. Hamburg.
- Deutsche Shell AG (Hg.) (1961a):** Prognose des Kraftfahrzeugbestandes bis 1975. Zusammenfassung der Ergebnisse von Prognosestudien der einzelnen Kraftfahrzeugarten. Deutsche Shell-Aktiengesellschaft, Abt. Wirtschafts- und Marktforschung. Hamburg.
- Deutsche Shell AG (Hg.) (1961b):** Prognose des Kraftfahrzeugbestandes bis 1975. Methodik zur Prognose des Kraftfahrzeugbestandes bis 1975 - Ergänzung zum Sonderdruck vom 12. September 1961. Deutsche Shell-Aktiengesellschaft, Abt. Wirtschafts- und Marktforschung. Hamburg.
- Deutsche Shell AG (Hg.) (1989):** Grenzen der Motorisierung in Sicht. Shell-Prognose des Pkw-Bestandes bis zum Jahr 2010. Deutsche Shell-Aktiengesellschaft, Abt. Wirtschafts- und Marktforschung. Hamburg (Aktuelle Wirtschaftsanalysen).
- Dickerson, Marla (2008):** In Mexico, Old U.S. Cars Find New Homes. Falling Trade Barriers Fuel an Influx of Junkers. Environmentalists and New-Car Dealers are Fuming. In: *Los Angeles Times*, 16.02.2008. Online verfügbar unter <http://articles.latimes.com/print/2008/feb/16/business/fi-mexclunkers16>, zuletzt geprüft am 21.01.2014.
- Dickerson, Marla; Enriquez, Sam (2005):** Mexico Clears Road for Used Cars. Older U.S. Imports Could Cut Prices, but Some See Economic and Environmental Damage. In: *Los Angeles Times*, 23.08.2005. Online verfügbar unter <http://articles.latimes.com/print/2005/aug/23/business/fi-mexcars23>, zuletzt geprüft am 21.01.2014.
- Diez, Willi (1986):** Bestimmungsfaktoren der Nachfrage nach Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland: Henrich (Schriftenreihe des Verbandes der Automobilindustrie e.V.).
- Dudenhöffer, Ferdinand; Borscheid, Detlef (2004):** Automobilmarkt-Prognosen: Modelle und Methoden. Unter Mitarbeit von Kai Pietron. In: Bernhard Ebel, Markus B. Hofer und Jumana Al-Sibai (Hg.): *Automotive Management. Strategie und Marketing in der Automobilwirtschaft*. Berlin [u.a.]: Springer, S. 192–202.
- Dudenhöffer, Ferdinand; Pietron, Kai; Stephan, Alexander (2012):** Die zweite Wachstumswelle der Autoindustrie. In: *Ifo-Schnelldienst* 65 (7), S. 28–31.
- Easingwood, Christopher J.; Mahajan, Vijay; Muller, Eitan (1981):** A Nonsymmetric Responding Logistic Model for Forecasting Technological Substitution. In: *Technological Forecasting and Social Change* 20 (3), S. 199–213.
- Easingwood, Christopher J.; Mahajan, Vijay; Muller, Eitan (1983):** A Nonuniform Influence Innovation Diffusion Model of New Product Acceptance. In: *Marketing Science* 2 (3), S. 273–295.



- Engel, Joachim (2010):** Anwendungsorientierte Mathematik: Von Daten zur Funktion. Berlin, Heidelberg: Springer.
- ESSO AG (Hg.) (1958):** Der Pkw-Bestand in Westdeutschland bis 1965. Eine Kraftfahrzeug-Prognose der ESSO A.G. Hamburg.
- Europäische Kommission (Hg.) (2006):** Import of Second-Hand Cars: Commission Takes Steps against Luxembourg, Czech Republic, Poland, Austria and Hungary Austria and Hungary. Online verfügbar unter [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-06-885\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-06-885_en.htm), zuletzt aktualisiert am 29.06.2006, zuletzt geprüft am 13.02.2014.
- Europäische Kommission (Hg.) (2014a):** Der Binnenmarkt für Waren. Online verfügbar unter [http://ec.europa.eu/internal\\_market/top\\_layer/goods/index\\_de.htm](http://ec.europa.eu/internal_market/top_layer/goods/index_de.htm), zuletzt aktualisiert am 30.01.2014, zuletzt geprüft am 13.02.2014.
- Europäische Kommission (Hg.) (2014b):** Fragen und Antworten zum Thema Pkw-Besteuerung. Online verfügbar unter [http://ec.europa.eu/taxation\\_customs/mon/faq/taxation/faq\\_cartax\\_de.htm](http://ec.europa.eu/taxation_customs/mon/faq/taxation/faq_cartax_de.htm), zuletzt aktualisiert am 07.02.2014, zuletzt geprüft am 13.02.2014.
- Europäische Union:** Verordnung (EG) Nr. 443/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen. Fundstelle: ABl EU 2009 Nr. L 140/1 vom 05.06.2009. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0001:0015:DE:PDF>, zuletzt geprüft am 06.04.2014.
- Ford Motor Company (Hg.) (2012):** Model T Facts. Online verfügbar unter <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2013/08/05/model-t-facts.html>, zuletzt aktualisiert am 05.08.2012, zuletzt geprüft am 27.09.2014.
- Forsch, Paul G. (1976):** Langfristige Prognosen aus der Sicht des Praktikers. In: Alfred Eugen Ott (Hg.): Probleme lang- und mittelfristiger Prognosen, speziell im Automobilsektor. Tagung des Instituts für Angewandte Wirtschaftsforschung Tübingen (IAW) und des Verbandes der Automobilindustrie e.V. (VDA) vom 2. - 6. Oktober 1974 in Bad Kissingen ; Referate und Diskussionsbeiträge. Frankfurt am Main: Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (Schriftenreihe des Verbandes der Automobilindustrie e.V. (VDA), 20), S. 61–68.
- Frink, Lyle (2005):** EU Wants No Used-Car Limits. In: *Automotive News Europe* 10 (8), S. 3–19.
- Frink, Lyle (2008):** Used Cars Flood Romanian Market. In: *Automotive News Europe* 13 (22), S. 12.
- Gakenheimer, Ralph (1999):** Urban Mobility in the Developing World. In: *Transportation Research: Part A: Policy and Practice* 33 (7-8), S. 671–689.
- Gardner, Everette S. (2006):** Exponential Smoothing The State of the Art - Part II. In: *International Journal of Forecasting* 22 (4), S. 637–666.
- GDCE - The General Department of Customs and Excise of Cambodia (Hg.) (2014):** Duty Rates for Import. Online verfügbar unter <http://www.customs.gov.kh/index.php/customs-procedures/customs-tariff-and-duty-rate/duty-rate-for-import>, zuletzt geprüft am 20.02.2014.

- Generaldirektion für Kommunikation der Europäischen Kommission (Hg.) (2014):** Offizielle Webseite der Europäischen Union. EU-Mitgliedsstaaten. Online verfügbar unter [http://europa.eu/about-eu/countries/index\\_de.htm](http://europa.eu/about-eu/countries/index_de.htm), zuletzt aktualisiert am 17.04.2014, zuletzt geprüft am 25.05.2014.
- Główny Urząd Statystyczny (Statistisches Amt Polen) (Hg.) (2013):** Transport - Ergebnisbericht des Jahres 2012. Online verfügbar unter [http://www.stat.gov.pl/gus/5840\\_748\\_ENG\\_HTML.htm](http://www.stat.gov.pl/gus/5840_748_ENG_HTML.htm), zuletzt geprüft am 07.01.2014.
- Gosselin Moving (Hg.) (2013):** Country Info Sheet for: Tajikistan. Online verfügbar unter [http://www.moving.gosselingroup.eu/sites/GOMO/documents/COUNTRY\\_INFO\\_TAJIKISTAN\\_2013.pdf](http://www.moving.gosselingroup.eu/sites/GOMO/documents/COUNTRY_INFO_TAJIKISTAN_2013.pdf), zuletzt aktualisiert am 01.01.2013, zuletzt geprüft am 19.02.2014.
- Government of Nepal - Ministry of Finance - Department of Customs (Hg.) (2014):** Frequently Asked Questions (FAQs) - Provisions Regarding the Imports from third Countries. Online verfügbar unter <http://www.customs.gov.np/en/faq.html>, zuletzt geprüft am 30.05.2014.
- Government of the Socialist Republic of Vietnam (Hg.) (2006):** Decree 12/2006/ND-CP. Online verfügbar unter <http://www.customs.gov.vn/Lists/EnglishDocuments/ViewDetails.aspx?language=en-US&ID=863>, zuletzt aktualisiert am 23.01.2006, zuletzt geprüft am 05.02.2014.
- Hansmann, Karl-Werner (1983):** Kurzlehrbuch Prognoseverfahren. Wiesbaden: Gabler.
- Harrison, P.J; Pearce, S.F (1972):** The Use of Trend Curves as an Aid to Market Forecasting. In: *Industrial Marketing Management* 1 (2), S. 149–170.
- Harvey, Andrew C. (1984):** Time Series Forecasting Based on the Logistic Curve. In: *The Journal of the Operational Research Society* 35 (7), S. 641–646.
- Hawksworth, John; Cookson, Gordon (2008):** The World in 2050: Beyond the BRICs. Hg. v. PricewaterhouseCoopers. Online verfügbar unter [http://www.pwc.com/en\\_GX/gx/world-2050/pdf/world\\_2050\\_brics.pdf](http://www.pwc.com/en_GX/gx/world-2050/pdf/world_2050_brics.pdf), zuletzt aktualisiert am 25.02.2008, zuletzt geprüft am 09.06.2012.
- Helmstädter, Ernst (1976):** Probleme wirtschaftlicher Prognosen. In: Alfred Eugen Ott (Hg.): Probleme lang- und mittelfristiger Prognosen, speziell im Automobilsektor. Tagung des Instituts für Angewandte Wirtschaftsforschung Tübingen (IAW) und des Verbandes der Automobilindustrie e.V. (VDA) vom 2. - 6. Oktober 1974 in Bad Kissingen ; Referate und Diskussionsbeiträge, Bd. 20. Frankfurt am Main: Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (Schriftenreihe des Verbandes der Automobilindustrie e.V. (VDA), 20), S. 9–34.
- Huo, Hong; Wang, Michael (2012):** Modeling Future Vehicle Sales and Stock in China. In: *Energy Policy* 43, S. 17–29.
- Hüttner, Manfred (1986):** Prognoseverfahren und ihre Anwendung. Berlin [u.a.]: de Gruyter.
- IAM - International Association of Movers (Hg.) (2012a):** Shipper Guides - Egypt. Online verfügbar unter <http://www.iamovers.org/files/newimages/member/shippers/egypt.pdf>, zuletzt aktualisiert am 16.07.2013, zuletzt geprüft am 21.02.2014.

- IAM - International Association of Movers (Hg.) (2012b):** Shipper Guides - Hong Kong. Online verfügbar unter <http://www.iamovers.org/ResourcesPublications/ShipperGuides.aspx?navItemNumber=580>, zuletzt aktualisiert am 21.02.2014, zuletzt geprüft am 21.02.2014.
- IAM - International Association of Movers (Hg.) (2012c):** Shipper Guides - Liberia. Online verfügbar unter <http://www.iamovers.org/files/newimages/member/shippers/liberia.pdf>, zuletzt aktualisiert am 16.07.2013, zuletzt geprüft am 21.02.2014.
- IAM - International Association of Movers (Hg.) (2013a):** Shipper Guides - Iraq. Online verfügbar unter <http://www.iamovers.org/files/newimages/member/shippers/iraq.pdf>, zuletzt aktualisiert am 23.08.2013, zuletzt geprüft am 21.02.2014.
- IAM - International Association of Movers (Hg.) (2013b):** Shipper Guides - Libya. Online verfügbar unter <http://www.iamovers.org/files/newimages/member/shippers/libya.pdf>, zuletzt aktualisiert am 25.01.2013, zuletzt geprüft am 21.02.2014.
- IAM - International Association of Movers (Hg.) (2013c):** Shipper Guides - Oman. Online verfügbar unter <http://www.iamovers.org/ResourcesPublications/ShipperGuides.aspx?navItemNumber=580>, zuletzt aktualisiert am 29.01.2013, zuletzt geprüft am 21.02.2014.
- InterNations GmbH (Hg.) (2014):** Personal Vehicles in Hong Kong. Online verfügbar unter <http://www.internations.org/hong-kong-expats/guide/15864-transport-driving/hong-kong-driving-licence-and-vehicles-15925/personal-vehicles-in-hong-kong-2>, zuletzt aktualisiert am 30.05.2014, zuletzt geprüft am 30.05.2014.
- JEVIC - Japan Export Vehicle Inspection Center Co. Ltd. (Hg.) (2014):** Japan Vehicle Export Statistics. Online verfügbar unter <http://www.jevic.com/import-and-export/importing-exporting-from-japan/statistics/>, zuletzt aktualisiert am 31.01.2014, zuletzt geprüft am 31.01.2014.
- Jong, Gerald de; Fox, James; Daly, Andrew; Pieters, Marits; Smit, Remko (2004):** Comparison of Car Ownership Models. In: *Transport Reviews* 24 (4), S. 379–408.
- JUMVEA - Japan Used Motor Vehicle Exporters Association (Hg.) (2013):** Statistik des Gebrauchtwagen-Exports. Online verfügbar unter [http://www.jumvea.or.jp/news\\_details.php?n\\_id=180](http://www.jumvea.or.jp/news_details.php?n_id=180), zuletzt geprüft am 18.02.2014.
- Kain, J. F.; Beesley, M. E. (1964):** Urban Form, Car Ownership and Public Policy: An Appraisal of Traffic in Towns. In: *Urban Studies* 1 (2), S. 174–203.
- Kain, J. F.; Beesley, M. E. (1965):** Forecasting Car Ownership and Use. In: *Urban Studies* 2 (2), S. 163–185.
- Kaira, Chamwe (2014):** Namibia: Second Hand Imports to Drive Motor Trade Stronger. In: *AllAfrica*, 20.02.2014. Online verfügbar unter <http://allafrica.com/stories/201309050774.html>, zuletzt geprüft am 20.02.2014.
- KBA - Kraftfahrt-Bundesamt (Hg.) (2013a):** Fahrzeugalter - Zeitreihe 2004 bis 2013. Online verfügbar unter [http://www.kba.de/cln\\_031/nn\\_191188/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Fahrzeugalter/b\\_\\_alter\\_\\_kfz\\_\\_z.html](http://www.kba.de/cln_031/nn_191188/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Fahrzeugalter/b__alter__kfz__z.html), zuletzt aktualisiert am 02.04.2014, zuletzt geprüft am 02.04.2014.
- KBA - Kraftfahrt-Bundesamt (Hg.) (2013b):** Jahresbericht 2012. Unter Mitarbeit von Stephan Immen. Online verfügbar unter [http://www.kba.de/nn\\_232106/DE/Presse/Jahresberichte/jahresbericht\\_\\_2012\\_\\_pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/jahresbericht\\_2012\\_pdf.pdf](http://www.kba.de/nn_232106/DE/Presse/Jahresberichte/jahresbericht__2012__pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/jahresbericht_2012_pdf.pdf), zuletzt aktualisiert am 31.01.2014, zuletzt geprüft am 31.01.2014.

- Kingsley, Alu; Agba, George (2014):** Nigeria: New Automotive Policy - FG Ends Import of Tokunbo Cars. In: *AllAfrica*. Online verfügbar unter <http://allafrica.com/stories/201310030101.html>, zuletzt geprüft am 20.02.2014.
- Kobos, P. H.; Erickson, J. D.; Drennen, T. E. (2003):** Scenario Analysis of Chinese Passenger Vehicle Growth. In: *Contemporary Economic Policy* 21 (2), S. 200–217.
- Kohlhauser, Walter (1965):** Die voraussichtliche Entwicklung des Bestandes an Personenkraftwagen bis 1975. In: *Monatsberichte des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung* 38 (11), S. 400–411.
- Kreiß, Jens-Peter; Neuhaus, Georg (2006):** Einführung in die Zeitreihenanalyse. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kutueva, Aizada (2014):** Kyrgyz Government Is Going to Raise Rates of Customs Duties for Right-Hand Drive Cars. In: *The News Agency 24.kg*, 07.02.2014. Online verfügbar unter <http://eng.24.kg/politic/2014/02/07/29840.html>, zuletzt geprüft am 19.02.2014.
- Kutzbach, Mark J. (2009):** Motorization in Developing Countries Causes, Consequences, and Effectiveness of Policy Options. In: *Journal of Urban Economics* 65 (2), S. 154–166.
- Land Transport Authority of Singapore (Hg.) (2014):** Vehicle Quota System. Online verfügbar unter <http://www.lta.gov.sg/content/ltaweb/en/roads-and-motoring/owning-a-vehicle/vehicle-quota-system.html>, zuletzt aktualisiert am 24.09.2012, zuletzt geprüft am 09.02.2014.
- Lenk, Maximilian (1962):** Die Zukunft des Pkw-Marktes. Hamburg-Harburg: Phoenix Gummiwerke AG (Sonderbericht / Phoenix Gummiwerke AG, 5).
- Lewandowski, Rudolf (1974):** Prognose- und Informationssysteme und ihre Anwendungen. Berlin [u.a.]: de Gruyter.
- Mack, Andrea (2012):** Merkblatt über gewerbliche Wareneinführen - Algerien. In: *Germany Trade and Invest*, 27.09.2012. Online verfügbar unter <https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Recht-Zoll/zoll,did=651762.html?view=renderPrint>, zuletzt geprüft am 17.06.2014.
- Mahajan, Vijay; Muller, Eitan; Bass, Frank M. (1990):** New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research. In: *Journal of Marketing* 54 (1), S. 1–26.
- Makridakis, Spyros; Hyndman, Rob J.; Wheelwright, Steven C. (1998):** Forecasting. Methods and Applications. 3. Aufl. New York, NY [u.a.]: Wiley.
- Malawi Revenue Authority (Hg.) (2013):** Variation of Import Excise Rates on Saloons/Station Wagons. Online verfügbar unter [http://www.mra.mw/public\\_notice/index.php?pnTitle=VARIATION%20OF%20IMPORT%20EXCISE%20RATES%20ON%20SALOONS/STATION%20WAGONS](http://www.mra.mw/public_notice/index.php?pnTitle=VARIATION%20OF%20IMPORT%20EXCISE%20RATES%20ON%20SALOONS/STATION%20WAGONS), zuletzt geprüft am 21.02.2014.
- Mankiw, N. Gregory (2007):** Macroeconomics. 6. Aufl. New York: Worth Publishers.
- Matambanadzo, Peter (2014):** Zimbabwe: Botswana Clamps Down On Vehicle Imports in Transit. In: *The Herald*, 03.01.2014. Online verfügbar unter <http://www.herald.co.zw/botswana-clamps-down-on-vehicle-imports-in-transit>, zuletzt geprüft am 14.02.2014.

- Mauritius Revenue Authority (Hg.) (2014):** Import, Export and Others: Motor Vehicles. Online verfügbar unter <http://www.mra.mu/index.php/importexport-a-others/travellers/100-motor-vehicles>, zuletzt geprüft am 12.06.2014.
- Meade, Nigel (1995):** Forecasting with Growth Curves: An Empirical Comparison. In: *International Journal of Forecasting* 11 (2), S. 199–215.
- Meade, Nigel; Islam, Towhidul (2006):** Modelling and Forecasting the Diffusion of Innovation – A 25-Year Review. In: *International Journal of Forecasting* 22 (3), S. 519–545.
- Medawar, Peter B. (1940):** The Growth, Growth Energy, and Ageing of the Chicken's Heart. In: *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 129 (856), S. 332–355.
- Medlock, Kenneth B.; Soligo, Ronald (2002):** Car Ownership and Economic Development with Forecasts to the Year 2015. In: *Journal of Transport Economics and Policy* 36 (2), S. 163–188.
- Meffert, Heribert; Steffenhagen, Hartwig (1977):** Marketing-Prognosemodelle. Quantitative Grundlagen des Marketing. Stuttgart: Poeschel.
- Mehlhart, Georg; Merz, Cornelia; Akkermans, Lars; Jordal-Joergensen, Joergen (2011):** European Second-Hand Car Market Analysis. Final Report. Hg. v. Öko-Institut. Darmstadt. Online verfügbar unter <http://www.oeko.de/oekodoc/1114/2011-005-en.pdf>, zuletzt geprüft am 31.01.2014.
- Mertens, Peter (2012):** Mittel- und langfristige Absatzprognose auf der Basis von Sättigungsmodellen. In: Peter Mertens und Susanne Rässler (Hg.): Prognoserechnung. 7. Aufl. Heidelberg: Physica-Verlag, S. 183–224.
- Merz, Cornelia; Mehlhart, Georg (2012):** Import und Export von Gebrauchtfahrzeugen in Europa. In: Karl J. Thomé-Kozmiensky und Daniel Goldmann (Hg.): Recycling und Rohstoffe, Bd. 5. Neuruppin: TK-Verlag, S. 639–658.
- MFE - Maison des Francais de l'Etranger (Hg.) (2014):** Automobiles. Online verfügbar unter <http://www.mfe.org/index.php/Portails-Pays/Liban/Vie-pratique/Auto-mobiles>, zuletzt geprüft am 20.02.2014.
- Mogridge, Martin J. H. (1989):** The Prediction of Car Ownership and Use Revisited: The Beginning of the End? In: *Journal of Transport Economics and Policy* 23 (1), S. 55–74.
- Mongolian Customs Organization (Hg.) (2012):** Import and Export Tariffs and Non-Tariff Regulations. Online verfügbar unter <http://ecustoms.mn/tax.php?wmid=115&wmsid=151>, zuletzt aktualisiert am 16.01.2012, zuletzt geprüft am 20.02.2014.
- Muraranganda, Windhoekelvis (2013):** Older Cars Now Welcome. In: *Namibian Sun*, 02.07.2013. Online verfügbar unter <http://sun.com.na/transport/older-cars-now-welcome.54561>, zuletzt geprüft am 20.02.2014.
- NAFTA (09.11.2006):** North American Free Trade Agreement. Online verfügbar unter <https://www.nafta-sec-alena.org/Default.aspx?tabid=97&language=en-US>, zuletzt geprüft am 19.02.2014.

- Nigeria Customs Administration (Hg.) (2014a):** CET Tariff - Sections & Chapters - Vehicles Others than Railway or Tramway Rolling-Stock, and Parts and Accessories thereof. Online verfügbar unter [https://www.customs.gov.ng/Tariff/chapters/Chapter\\_87.pdf](https://www.customs.gov.ng/Tariff/chapters/Chapter_87.pdf), zuletzt aktualisiert am 13.02.2013, zuletzt geprüft am 20.02.2014.
- Nigeria Customs Administration (Hg.) (2014b):** Import Prohibition List. Online verfügbar unter <https://www.customs.gov.ng/ProhibitionList/import.php>, zuletzt geprüft am 14.02.2014.
- Nuthall, Keith (2006):** EU Steps Up Action Over Used-Car Restrictions. In: *WardsAuto*, 17.07.2006. Online verfügbar unter [http://wardsauto.com/ar/eu\\_used\\_restrictions](http://wardsauto.com/ar/eu_used_restrictions), zuletzt geprüft am 10.02.2014.
- O. V. (2005):** Turkmenistan Bans Converted Left-Hand-Drive Vehicle Imports. In: *Turkmenistan.ru*, 29.07.2005. Online verfügbar unter [http://www.turkmenistan.ru/?page\\_id=3&lang\\_id=en&elem\\_id=6927&type=event&sort=date\\_desc](http://www.turkmenistan.ru/?page_id=3&lang_id=en&elem_id=6927&type=event&sort=date_desc), zuletzt geprüft am 19.02.2014.
- O. V. (2009):** Turkmenistan Bans Import of Older Cars. In: *Radio Free Europe / Radio Liberty*, 09.12.2009. Online verfügbar unter [http://www.rferl.org/content/Turkmen\\_Government\\_Bans\\_Importing\\_Older\\_Cars/1899854.html](http://www.rferl.org/content/Turkmen_Government_Bans_Importing_Older_Cars/1899854.html), zuletzt geprüft am 19.02.2014.
- O. V. (2012):** Exports of Used Vehicles Surge to Record High. In: *The Korea Times* 2012, 11.12.2012. Online verfügbar unter [http://www.koreatimes.co.kr/www/news/biz/2012/12/123\\_126629.html](http://www.koreatimes.co.kr/www/news/biz/2012/12/123_126629.html), zuletzt geprüft am 05.02.2014.
- O. V. (2013a):** Israel: Eased Regulations for Car Imports. In: *Global Trade Alert*, 11.07.2013. Online verfügbar unter <http://www.globaltradealert.org/measure/israel-eased-regulations-car-imports>, zuletzt geprüft am 21.02.2014.
- O. V. (2013b):** Kyrgyzstan Imposes Ban on Import of Right-Hand Drive Cars Once Again. In: *The News Agency 24.kg*, 25.10.2013. Online verfügbar unter <http://www.info.24.kg/community/2013/10/26/28511.html>, zuletzt geprüft am 19.02.2014.
- O. V. (2014):** Excise Duty on Reequipped Cars and Euro-4 Norm for Cars Come into Force on January 1, 2014. In: *Interfax-Ukraine News Agency*, 03.01.2014. Online verfügbar unter <http://en.interfax.com.ua/news/economic/184794.html>, zuletzt geprüft am 23.02.2014.
- O'Neill, Jim; Wilson, Dominic; Roopa, Purushothaman; Stupnytska, Anna (2005):** How Solid are the BRICs? Hg. v. Goldman Sachs (Global Economics Paper, 134). Online verfügbar unter <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/topics/brics/brics-reports-pdfs/how-solid.pdf>, zuletzt aktualisiert am 01.12.2005, zuletzt geprüft am 14.12.2012.
- OANDA Corporation (Hg.) (2014):** Historische Wechselkurse. Online verfügbar unter <http://www.oanda.com/lang/de/currency/historical-rates/>, zuletzt geprüft am 18.02.2014.
- Papua New Guinea Customs Service (Hg.) (2014):** Importing Second Hand Car. Online verfügbar unter [http://www.customs.gov.pg/05\\_commercial\\_trade\\_and\\_compliance/1\\_importing\\_and\\_exporting/4\\_importing\\_second\\_hand\\_car.php](http://www.customs.gov.pg/05_commercial_trade_and_compliance/1_importing_and_exporting/4_importing_second_hand_car.php), zuletzt geprüft am 30.05.2014.

- Paterson, Anna (2005):** Understanding Markets in Afghanistan - A Study of the Market in Second-Hand Cars. Hg. v. Afghanistan Research and Evaluation Unit. Kabul, Afghanistan. Online verfügbar unter <http://www.areu.org.af/UpdateDownloadHits.aspx?EditionId=257&Pdf=529E-Market%20in%20Second%20Hand%20Cars-CS-web.pdf>, zuletzt aktualisiert am 13.03.2011, zuletzt geprüft am 07.02.2014.
- Pelletiere, Danilo; Reinert, Kenneth A. (2002):** The Political Economy of Used Automobile Protection in Latin America. In: *World Economy* 25 (7), S. 1019–1037.
- Pelletiere, Danilo; Reinert, Kenneth A. (2004):** Used Automobile Protection and Trade: Gravity and Ordered Probit Analysis. In: *Empirical Economics* 29 (4), S. 737–751.
- Pelletiere, Danilo; Reinert, Kenneth A. (2006):** World Trade in Used Automobiles: A Gravity Analysis of Japanese and US Exports. In: *Asian Economic Journal* 20 (2), S. 161–172.
- Pepels, Werner (1995):** Marketingforschung und Absatzprognose. Wiesbaden: Gabler.
- Pepels, Werner (2004):** Marketing. München: Oldenbourg.
- Pindyck, Robert S.; Rubinfeld, Daniel L. (1998):** Econometric Models and Economic Forecasts. 4. Aufl. Boston, MA [u.a.]: Irwin McGraw-Hill.
- Polnischer Automobilindustrieverband (Polski związek przemysłu motoryzacyjnego)/Polnisches Finanzministerium (Hg.) (2011):** Used Passenger Cars Import to Poland, 2008 - 2010. Online verfügbar unter <http://www.pzpm.org.pl/en/Automotive-market/Used-Passenger-Car-Import-to-Poland>, zuletzt aktualisiert am 06.12.2011, zuletzt geprüft am 18.02.2014.
- Polnischer Automobilindustrieverband (Polski związek przemysłu motoryzacyjnego)/Polnisches Finanzministerium (Hg.) (2012):** Used Passenger Cars Import to Poland, 2009 - 2011. Online verfügbar unter [http://www.pzpm.org.pl/en/content/download/2589/10775/file/Imp%20Used%20Cars%20PL%202009\\_2011.pdf](http://www.pzpm.org.pl/en/content/download/2589/10775/file/Imp%20Used%20Cars%20PL%202009_2011.pdf), zuletzt aktualisiert am 01.02.2012, zuletzt geprüft am 18.02.2014.
- Polnischer Automobilindustrieverband (Polski związek przemysłu motoryzacyjnego)/Polnisches Finanzministerium (Hg.) (2014):** Used Passenger Car Import to Poland, 2011 - 2013. Online verfügbar unter <http://www.pzpm.org.pl/en/Automotive-market/Used-Passenger-Car-Import-to-Poland>, zuletzt aktualisiert am 28.01.2014, zuletzt geprüft am 18.02.2014.
- Reichwald, Ralf; Piller, Frank T. (2009):** Interaktive Wertschöpfung. Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler.
- Richards, F. J. (1959):** A Flexible Growth Function for Empirical Use. In: *Journal of Experimental Botany* 10 (39), S. 290–300.
- Richter, Klaus-Jürgen (1975):** Kybernetische Analyse verkehrsökonomischer Systeme. 2. Aufl. Berlin: Transpress Verlag für Verkehrswesen (Verkehrsökonomie, 1).
- Rogers, Everett M. (2003):** Diffusion of Innovations. New York, NY: Free Press.

- Roos, Charles F.; Szeliski, Victor von (1939):** Factors Governing Changes in Domestic Automobile Demand. In: General Motors Corporation (Hg.): The Dynamics of Automobile Demand. New York, NY, S. 21–95.
- SACU - South African Customs Union (Hg.) (2014):** SACU Membership. Online verfügbar unter <http://www.sacu.int/>, zuletzt geprüft am 09.04.2014.
- Sadykov, Murat (2013):** Uzbekistan: GM Monopoly Fails to Satisfy Demand. In: *Eurasianet.org*, 05.09.2013. Online verfügbar unter <http://www.eurasianet.org/node/67469>, zuletzt geprüft am 09.02.2014.
- Sanje, Karen (2013):** Malawi Tax on Second-Hand Vehicles Cuts Emissions, Government Says. In: *Thomson Reuters*, 31.12.2013. Online verfügbar unter <http://sustainability.thomsonreuters.com/2013/12/31/malawi-tax-second-hand-vehicles-cuts-emissions-government-says/>, zuletzt geprüft am 14.02.2014.
- Seber, George A. F.; Wild, Christopher J. (1989):** Nonlinear Regression. New York, NY [u.a.]: Wiley (Wiley series in probability and mathematical statistics : Probability and mathematical statistics).
- Shevchenko, Yury (2014):** Ukrainischer Verband der Automobil Importeure: 10 Prozent des Autopreises von ausländischer Marken beinhaltetete Schmiergeld für Beamte. In: *Auto RIA*, 03.03.2014. Online verfügbar unter <http://auto.ria.com/news/autobusiness/212411/10-stoimosti-inomarok-ukhodili-na-vzyatki-chinovnikam-vaiid.html>, zuletzt geprüft am 07.05.2014.
- Siebke, Jürgen (1963):** Die Automobilnachfrage: die Nachfrage nach Personenkraftwagen in der Bundesrepublik Deutschland, mit einer Prognose bis zum Jahre 1970. Köln: Westdeutscher Verlag.
- Stier, Winfried (2001):** Methoden der Zeitreihenanalyse. Berlin [u.a.]: Springer.
- Swaziland Revenue Authority (Hg.) (2013):** Valuation and Clearance of Vehicles Imported into Swaziland from Outside Common Customs Area of the Southern African Customs Union (SACU). Online verfügbar unter [http://www.sra.org.sz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=65:commercial-importation-of-used-motor-vehicles&catid=14:customs&Itemid=174](http://www.sra.org.sz/index.php?option=com_content&view=article&id=65:commercial-importation-of-used-motor-vehicles&catid=14:customs&Itemid=174), zuletzt geprüft am 20.02.2014.
- Tanner, John C. (1963):** Car and Motorcycle Ownership in the Counties of Great Britain in 1960. In: *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)* 126 (2), S. 276–284.
- Tanner, John C. (1966):** Comments on ‘Forecasting Car Ownership and Use’. In: *Urban Studies* 3 (2), S. 143–146.
- Tanner, John C. (1978):** Long-Term Forecasting of Vehicle Ownership and Road Traffic. In: *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)* 141, S. 14–63.
- Tanzania Revenue Authority (Hg.) (2014):** Excise Duty on Motor Vehicles. Online verfügbar unter <http://www.tra.go.tz/index.php/excise-duty/241-importation-and-payment-of-duty-on-scheduled-articles>, zuletzt geprüft am 14.02.2014.



- The Government of the Hong Kong Special Administrative Region - Transport Department (Hg.) (2013):** Guidelines for Importation and Registration of Motor Vehicle. Online verfügbar unter [http://www.td.gov.hk/en/public\\_services/licences\\_and\\_permits/vehicle\\_first\\_registration/guidelines\\_for\\_importation\\_and\\_registration\\_of\\_mot/](http://www.td.gov.hk/en/public_services/licences_and_permits/vehicle_first_registration/guidelines_for_importation_and_registration_of_mot/), zuletzt aktualisiert am 07.10.2013, zuletzt geprüft am 21.02.2014.
- The New Zealand Automobile Association (Hg.) (2014):** Car Import Rules. Online verfügbar unter <http://www.aa.co.nz/cars/licensing-safety-fees/export-import-car/import-rules/>, zuletzt aktualisiert am 05.02.2014, zuletzt geprüft am 05.02.2014.
- Thomsen, Jan (2002):** Polen erhöht Steuern für Gebrauchtwagen-Import / BGS rechnet mit langen Wartezeiten: Erneute Stauwarnung für die Grenzregion. In: *Berliner Zeitung*, 08.03.2002. Online verfügbar unter <http://www.berliner-zeitung.de/archiv/polen-erhoeht-steuern-fuer-gebrauchtwagen-import---bgs-rechnet-mit-langen-wartezeiten-erneute-stauwarnung-fuer-die-grenzregion,10810590,9980222.html>, zuletzt geprüft am 09.02.2014.
- Transparency International (Hg.) (2014):** Corruption Perceptions Index 2013 - Results. Online verfügbar unter <http://cpi.transparency.org/cpi2013/results/>, zuletzt aktualisiert am 10.04.2014, zuletzt geprüft am 07.06.2014.
- UBA - Umweltbundesamt; BMU - Bundesministerium für Umwelt, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.) (2012):** Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland im Jahr 2010 gemäß Art. 7 Abs. 2 der Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG. Qualitätsbericht: Beschreibung der verwendeten Daten nach Artikel 1 der KOM-Entscheidung 2005/293/EG über Altfahrzeuge. Online verfügbar unter [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Wasser\\_Abfall\\_Boden/Abfallwirtschaft/qualitaetsbericht\\_altfahrzeuge\\_2010\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Wasser_Abfall_Boden/Abfallwirtschaft/qualitaetsbericht_altfahrzeuge_2010_bf.pdf), zuletzt aktualisiert am 04.07.2012, zuletzt geprüft am 31.01.2014.
- Uganda Revenue Authority (Hg.) (2013):** Customs Valuation. Online verfügbar unter <http://www.psfuganda.org/new/images/downloads/Trade/customs%20valuation%202013.pdf>, zuletzt aktualisiert am 12.02.2013, zuletzt geprüft am 14.02.2014.
- UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2010):** Second-Hand Vehicle Flows/Imports-Exports in Central and Eastern Europe. Online verfügbar unter [http://www.unep.org/transport/gfei/autotool/case\\_studies/europe/CEE%20import%20restrictions.pdf](http://www.unep.org/transport/gfei/autotool/case_studies/europe/CEE%20import%20restrictions.pdf), zuletzt aktualisiert am 05.10.2012, zuletzt geprüft am 20.02.2014.
- UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a):** Asia and Pacific - Vehicle Standards and Fleets. Online verfügbar unter [http://www.unep.org/transport/pcf/PDF/Maps\\_Matrices/AP/matrix/Vehicles/AsiaPacific\\_VehicleMatrix\\_Nov2011.pdf](http://www.unep.org/transport/pcf/PDF/Maps_Matrices/AP/matrix/Vehicles/AsiaPacific_VehicleMatrix_Nov2011.pdf), zuletzt aktualisiert am 02.10.2013, zuletzt geprüft am 20.02.2014.
- UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011b):** Kenya Case Study. Online verfügbar unter [http://www.unep.org/transport/gfei/autotool/case\\_studies/africa/kenya/Kenya%20CASE%20STUDY.pdf](http://www.unep.org/transport/gfei/autotool/case_studies/africa/kenya/Kenya%20CASE%20STUDY.pdf), zuletzt aktualisiert am 28.07.2011, zuletzt geprüft am 20.02.2014.

- UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2012):** Status of Fuel Quality and Vehicle Emission Standards: Asia (Middle East West). Online verfügbar unter [http://www.unep.org/transport/PCFV/PDF/Maps\\_Matrices/MENAWA/matrix/Vehicles/MEWA\\_VehicleMatrix\\_Jan2012.pdf](http://www.unep.org/transport/PCFV/PDF/Maps_Matrices/MENAWA/matrix/Vehicles/MEWA_VehicleMatrix_Jan2012.pdf), zuletzt aktualisiert am 02.10.2013, zuletzt geprüft am 08.02.2014.
- UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a):** Status of Fuel Quality and Vehicle Emission Standards: East Europe, the Caucasus, Central Asia. Online verfügbar unter [http://www.unep.org/transport/pcfV/PDF/Maps\\_Matrices/CEE/matrix/CEE\\_Fuels\\_Vehicles\\_Aug2013.pdf](http://www.unep.org/transport/pcfV/PDF/Maps_Matrices/CEE/matrix/CEE_Fuels_Vehicles_Aug2013.pdf), zuletzt aktualisiert am 22.07.2013, zuletzt geprüft am 08.02.2014.
- UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b):** Status of Fuel Quality and Vehicle Emission Standards: Latin America and the Caribbean. Online verfügbar unter [http://www.unep.org/transport/pcfV/PDF/Maps\\_Matrices/LAC/matrix/LAC\\_FuelsVeh\\_Dec2013.pdf](http://www.unep.org/transport/pcfV/PDF/Maps_Matrices/LAC/matrix/LAC_FuelsVeh_Dec2013.pdf), zuletzt aktualisiert am 20.12.2013, zuletzt geprüft am 08.02.2014.
- UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c):** Status of Fuel Quality and Vehicle Emission Standards: Sub Saharan Africa. Online verfügbar unter [http://www.unep.org/transport/pcfV/PDF/Maps\\_Matrices/Africa/matrix/Matirx\\_SSAFuels\\_Veh\\_october2013.pdf](http://www.unep.org/transport/pcfV/PDF/Maps_Matrices/Africa/matrix/Matirx_SSAFuels_Veh_october2013.pdf), zuletzt aktualisiert am 28.10.2013, zuletzt geprüft am 19.02.2014.
- United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Aerospace and Automotive Industries (Hg.) (2008):** Compilation of Foreign Motor Vehicle Import Requirements. Online verfügbar unter [http://trade.gov/mas/manufacturing/oai/build/groups/public/@tg\\_oai/documents/webcontent/tg\\_oai\\_003761.pdf](http://trade.gov/mas/manufacturing/oai/build/groups/public/@tg_oai/documents/webcontent/tg_oai_003761.pdf), zuletzt aktualisiert am 03.11.2008, zuletzt geprüft am 31.01.2014.
- United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011):** Compilation of Foreign Motor Vehicle Import Requirements. Online verfügbar unter [http://trade.gov/mas/manufacturing/OAI/build/groups/public/@tg\\_oai/documents/webcontent/tg\\_oai\\_003657.pdf](http://trade.gov/mas/manufacturing/OAI/build/groups/public/@tg_oai/documents/webcontent/tg_oai_003657.pdf), zuletzt aktualisiert am 16.01.2014, zuletzt geprüft am 31.01.2014.
- VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2012):** FAST 2025: Future Automotive Industry Structure. Eine Studie von Oliver Wyman. Berlin (Materialien zur Automobilindustrie, 45).
- VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2013):** Tatsachen und Zahlen. 77. Folge 2013. Berlin.
- Vensky, Hellmuth (2011):** DDR: Der letzte Trabi. In: *ZEIT ONLINE*, 26.04.2011. Online verfügbar unter <http://www.zeit.de/auto/2011-04/trabant-ddr/komplettansicht>, zuletzt geprüft am 19.05.2014.
- Verhulst, Pierre-Francois (1938):** Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. In: *Correspondance mathématique et physique* 10, S. 113–121.
- Vieira, Sonia; Hoffmann, Rodolfo (1977):** Comparison of the Logistic and the Gompertz Growth Functions Considering Additive and Multiplicative Error Terms. In: *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)* 26 (2), S. 143–148.

- Volkswagen Ceska Republika (Hg.) (2013):** Cenik Golf. Online verfügbar unter [http://www.volkswagen.cz/media/Kwc\\_Basic\\_DownloadTag\\_Component/12875-50237-text-11-child/default/02183a4aca86f9ad2d95605c66d0501c/1385993428/cenik\\_golf\\_131202.pdf](http://www.volkswagen.cz/media/Kwc_Basic_DownloadTag_Component/12875-50237-text-11-child/default/02183a4aca86f9ad2d95605c66d0501c/1385993428/cenik_golf_131202.pdf), zuletzt aktualisiert am 25.09.2013, zuletzt geprüft am 21.03.2014.
- Volkswagen Classic (Hg.) (2014):** Golf IV Limousine. Werkscode: Typ 340 (A4) Kombi-Limousine. Online verfügbar unter <http://www.volkswagen-classic.de/modelle/golf-4>, zuletzt geprüft am 18.02.2014.
- Volkswagen Danmark (Hg.) (2014):** Golf - Prisliste udskrevet pr. 21.03.2014. Online verfügbar unter [http://www.volkswagendanmark.dk/pdfgen/vw-pdfgen\\_person.aspx?strModel=Golf&orientation=l](http://www.volkswagendanmark.dk/pdfgen/vw-pdfgen_person.aspx?strModel=Golf&orientation=l), zuletzt geprüft am 21.03.2014.
- Wang, Yunshi; Teter, Jacob; Sperling, Daniel (2011):** China's Soaring Vehicle Population: Even Greater than Forecasted? In: *Energy Policy* 39 (6), S. 3296–3306.
- Wiegert, Rolf (1976):** Langfristige Prognoseverfahren. In: Alfred Eugen Ott (Hg.): Probleme lang- und mittelfristiger Prognosen, speziell im Automobilsektor. Tagung des Instituts für Angewandte Wirtschaftsforschung Tübingen (IAW) und des Verbandes der Automobilindustrie e.V. (VDA) vom 2. - 6. Oktober 1974 in Bad Kissingen ; Referate und Diskussionsbeiträge. Frankfurt am Main: Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) (Schriftenreihe des Verbandes der Automobilindustrie e.V. (VDA), 20), S. 35–60.
- Wintz, Tobias (2010):** Neuproduktprognose mit Wachstumskurvenmodellen. Prognoseprozess, Modellauswahl und Schätzung. 1. Aufl. Lohmar [u.a.]: Josef Eul Verlag (Quantitative Ökonomie, 161).
- Wolff, P. de (1938):** The Demand for Passenger Cars in the United States. In: *Econometrica* 6 (2), S. 113–129.
- Zimmermann, Heinz (1955):** Die künftige Entwicklung des Bestandes an Personenkraftwagen in der Bundesrepublik Deutschland. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (Schriftenreihe, Neue Folge, 10).
- Zimmermann, Heinz (1959):** Der voraussichtliche Bestand an Kraftfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1967. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (Schriftenreihe, Neue Folge, 14).
- ZIMRA - Zimbabwe Revenue Authority (Hg.) (2014):** Importation of Motor Vehicles by Private Individuals. Online verfügbar unter [http://www.zimra.co.zw/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1020&Itemid=108](http://www.zimra.co.zw/index.php?option=com_content&view=article&id=1020&Itemid=108), zuletzt geprüft am 14.02.2014.

**Quellen in Grafiken verwendeter Landkarten und Nationalflaggen**

Flaggen:           Nationalflaggen.de - <http://www.nationalflaggen.de>

Landkarten:       D-Maps - <http://www.d-maps.com>

## Datenquellen-Verzeichnis

### Weitere verwendete Datenbanken und Statistiken

**ACEA - European Automobile Manufacturer's Association (Hg.) (2014):** Consolidated Registrations - By Country. Online verfügbar unter <http://www.acea.be/statistics/tag/category/by-country-registrations>, zuletzt aktualisiert am 11.02.2014, zuletzt geprüft am 03.04.2014.

**Auto-Schweiz (Hg.) (2013):** Statistiken. Online verfügbar unter <http://www.auto-schweiz.ch/statistiken>, zuletzt geprüft am 13.06.2014.

**Davis, Stacy C.; Diegel, Susan W.; Boundy, Robert G. (2011):** Transportation Energy Data Book: Edition 30. Center for Transportation Analysis - Energy and Transportation Science Division. Online verfügbar unter [http://cta.ornl.gov/data/tedb30/Edition30\\_Full\\_Doc.pdf](http://cta.ornl.gov/data/tedb30/Edition30_Full_Doc.pdf), zuletzt aktualisiert am 20.07.2011, zuletzt geprüft am 18.07.2012.

**DESTATIS - Statistisches Bundesamt (Hg.) (2014):** Bevölkerungsstand. Online verfügbar unter [https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/\\_lrbev03.html](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/_lrbev03.html), zuletzt aktualisiert am 03.06.2014, zuletzt geprüft am 13.06.2014.

**Europäische Kommission - Eurostat (Hg.) (2013):** Statistiken. Online verfügbar unter [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search\\_database](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database), zuletzt geprüft am 13.06.2014.

**KBA - Kraftfahrt-Bundesamt (Hg.) (2013):** Kraftfahrt-Bundesamt - Statistik. Online verfügbar unter [http://www.kba.de/DE/Statistik/statistik\\_node.html](http://www.kba.de/DE/Statistik/statistik_node.html), zuletzt geprüft am 13.06.2014.

**Statistik Austria (Hg.) (2013):** Statistiken. Statistik Austria. Online verfügbar unter <http://www.statistik.at>, zuletzt geprüft am 13.06.2014.

**The World Bank (Hg.) (2014):** World Bank Open Data. Online verfügbar unter <http://data.worldbank.org>, zuletzt geprüft am 13.06.2014.

**TurkStat - Turkish Statistical Institute (Hg.) (2013):** Transportation Statistics. Online verfügbar unter [http://www.turkstat.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1051](http://www.turkstat.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1051), zuletzt geprüft am 13.06.2014.

**UK Department for Transport (Hg.):** Vehicles Statistics. Online verfügbar unter <https://www.gov.uk/government/collections/vehicles-statistics>, zuletzt geprüft am 13.06.2014.

**UNECE - United Nations Economic Commission for Europe (Hg.) (2013):** Statistical Database. Online verfügbar unter <http://w3.unece.org/pxweb/>, zuletzt geprüft am 07.08.2013.

**United States Department of Transportation - Federal Highway Administration (Hg.) (2013):** Office of Highway Policy Information - Highway Statistics Series. Online verfügbar unter <http://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics.cfm>, zuletzt geprüft am 13.06.2014.

- VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (1990):** Das Auto international in Zahlen - International Auto Statistics. Ausgabe 1990. Frankfurt am Main.
- VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (1995):** International Auto Statistics. Edition 1995. Frankfurt am Main.
- VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2000):** International Auto Statistics. Edition 2000. Frankfurt am Main.
- VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2005):** International Auto Statistics. Edition 2005. Frankfurt am Main.
- VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2006):** Tatsachen und Zahlen. 70. Folge 2006. Frankfurt am Main.
- VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2008):** Tatsachen und Zahlen. 72. Folge 2008. Frankfurt am Main.
- VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2009):** International Auto Statistics. Edition 2009. Frankfurt am Main.
- VDA - Verband der Automobilindustrie (Hg.) (2013):** Tatsachen und Zahlen. 77. Folge 2013. Berlin.

### **Geschäftsberichte der Automobilhersteller**

- Audi AG (Hg.) (2013):** Geschäftsbericht 2012. Online verfügbar unter [http://www.audi.com/content/dam/com/DE/investor-relations/financial\\_reports/annual-reports/audi\\_gb\\_2012\\_de.pdf](http://www.audi.com/content/dam/com/DE/investor-relations/financial_reports/annual-reports/audi_gb_2012_de.pdf), zuletzt aktualisiert am 21.02.2013.
- Audi AG (Hg.) (2014):** Geschäftsbericht 2013. Online verfügbar unter [http://www.audi.com/content/dam/com/DE/investor-relations/financial\\_reports/annual-reports/audi\\_gb\\_2013\\_de.pdf](http://www.audi.com/content/dam/com/DE/investor-relations/financial_reports/annual-reports/audi_gb_2013_de.pdf), zuletzt aktualisiert am 20.02.2014.
- BMW - Bayerische Motoren Werke AG (Hg.) (2013):** Geschäftsbericht 2012. Online verfügbar unter <http://geschaeftsbericht2012.bmwgroup.com>, zuletzt aktualisiert am 14.03.2013.
- BMW - Bayerische Motoren Werke AG (Hg.) (2014):** Geschäftsbericht 2013. Online verfügbar unter <http://www.geschaeftsbericht2013.bmwgroup.com>, zuletzt aktualisiert am 13.03.2014.
- Daimler AG (Hg.) (2013):** Geschäftsbericht 2012. Online verfügbar unter [http://www.daimler.com/Projects/c2c/channel/documents/2287151\\_Daimler\\_Geschaeftsbericht\\_2012.pdf](http://www.daimler.com/Projects/c2c/channel/documents/2287151_Daimler_Geschaeftsbericht_2012.pdf), zuletzt aktualisiert am 25.02.2013.
- Daimler AG (Hg.) (2014):** Geschäftsbericht 2013. Online verfügbar unter [http://www.daimler.com/Projects/c2c/channel/documents/2432178\\_Daimler\\_2013\\_Geschaeftsbericht.pdf](http://www.daimler.com/Projects/c2c/channel/documents/2432178_Daimler_2013_Geschaeftsbericht.pdf), zuletzt aktualisiert am 21.02.2014.
- Volkswagen AG (Hg.) (2013):** Geschäftsbericht 2012. Online verfügbar unter [http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/info\\_center/de/themes/2013/03/Annual\\_Report\\_2012.html](http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/info_center/de/themes/2013/03/Annual_Report_2012.html), zuletzt aktualisiert am 14.03.2013.
- Volkswagen AG (Hg.) (2014):** Geschäftsbericht 2013. Online verfügbar unter [http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/info\\_center/de/themes/2014/03/Annual\\_Report\\_2013.html](http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/info_center/de/themes/2014/03/Annual_Report_2013.html), zuletzt aktualisiert am 13.03.2014.

## Anhang

### Anhang A: Weiterführende Informationen zu Kapitel 4 und 5

#### **SHELL (1959): ‚Verdopplung des Pkw-Bestandes bis 1965‘**

Die getroffenen Annahmen führen zu folgendem logistischem Wachstumsmodell:<sup>557</sup>

$$y = \frac{K}{[1 + e^{(a-b \cdot t - c \cdot x)}]}$$

**Formel A. 1: Logistisches Wachstumsmodell von SHELL (1959) (allgemein)**

$y$	Gleitender Zweijahresdurchschnitt der Pkw-Dichte der Jahre $t$ und $t + 1$ zum 1. Juli
$t$	Zeit in Jahren (1950 entspricht $t = 0$ )
$x$	Bruttosozialprodukt pro Kopf des Jahres $t - 1$ in jeweiligen Preisen, 1950 = 1
$K$	Sättigungsparameter
$a, b, c$	Weitere Parameter

Der Sättigungsparameter  $K$  wird aus der Gleichung selbst zu  $K = 190$  bestimmt.<sup>558</sup>

Die übrigen Parameterwerte werden per multipler Regression geschätzt und führen schließlich zu folgender Wachstumsfunktion:

$$y = \frac{190}{[1 + e^{(2,7432 - 0,1958 \cdot t - 0,2321 \cdot x)}]}$$

**Formel A. 2: Logistisches Wachstumsmodell von SHELL (1959)**

<sup>557</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1959), S. I–III

<sup>558</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1959), S. I–III

**Tabelle A. 1** enthält Prognoseergebnisse des SHELL-Modells aus dem Jahr 1959.

<b>Jahr</b>	<b>BSP/Kopf in jeweiligen Preisen des Vorjahres (1950=1)</b>	<b>Pkw je 1.000 Einwohner, jeweils zum 01.07.</b>	<b>Bevölkerung (Bundesgebiet inkl. Saarland) in Mio.</b>	<b>Pkw-Bestand in 1.000, jeweils zum 01.07.</b>
1959 (tatsächlich)	2,1	67,4	51,8	3.559
1959 (berechnet)		67,1		3.544
1961	2,31	87,1	53,7	4.674
1963	2,55	108,1	54,6	5.905
1965	2,81	128	55,6	7.113
1970	3,76	164,8	58	9.557
1975	4,8	181,7	60,5	10.990

**Tabelle A. 1: Eingangsdaten und Ergebnisse der SHELL-Prognose (1959) bis 1975**

(Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Deutsche Shell AG (Hg.) (1959), S. III)

Zwar enthält die SHELL-Prognose keinen Hinweis darauf, dass mit ‚Bevölkerung‘ nur Erwerbstätige gemeint sind, als Quelle der Bevölkerungszahl ist jedoch ein Werk angegeben, das sich mit der Entwicklung der Erwerbstätigenzahl bis 1965 befasst.<sup>559</sup>

### **SHELL (1961): ‚Prognose des Kraftfahrzeugbestandes bis 1975‘**

**Tabelle A. 2** zeigt die Prognoseergebnisse der SHELL-Prognose von 1961.

<b>Jahr</b>	<b>Pkw (inklusive Kombinations- und Krankenkraftwagen) in Mio.</b>	<b>Kraftfahrzeugbestand insgesamt (gerundet)</b>
	<i>jeweils ohne West-Berlin, inkl. Saarland</i>	
1960	4,34	9,2
1965	8,1 / 8,6	12,5 / 13,0
1970	11,8	15,9
1975	14,1	18,1
1980	15,5	

**Tabelle A. 2: Ergebnisse der SHELL-Prognose (1961) bis 1975/1980**

(Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Deutsche Shell AG (Hg.) (1961), S. 3)

<sup>559</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1959), S. III



**SHELL (1989): ,Grenzen der Motorisierung in Sicht – Shell-Prognose des Pkw-Bestandes bis zum Jahr 2010‘**

Nachfolgend sind die verwendete Prognosefunktion sowie die entsprechenden Parameterschätzungen der SHELL-Prognose aus dem Jahr 1989 dargestellt. Den Stützbereich der hier verwendeten verallgemeinerten logistischen Wachstumsfunktion bilden für beide Szenarien Daten der Jahre 1952-1988.<sup>560</sup>

$$y(t) = \frac{B_1}{\left(1 + e^{\frac{B_1+B_3 \cdot t}{B_4}}\right)^{B_4}} + u(t)$$

**Formel A. 3: Verallgemeinertes logistisches Wachstumsmodell von SHELL (1989)**

**Tabelle A. 3** zeigt die Variablen- und Parameterwerte der zwei Szenarien.

Szenario	t	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>
Strukturwandel	1..37	722,3	-3,1	-0,59	7,01
Disharmonien	1..37	622,5	0,48	-0,53	5

**Tabelle A. 3: Parameterwerte der Szenarien zur SHELL-Prognose (1989)**

(Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Deutsche Shell AG (Hg.) (1989), S. 22)

**LENK (1962): ,Die Zukunft des Pkw-Marktes‘**

**Tabelle A. 4** enthält die Prognoseergebnisse der vier Szenarien aus der Arbeit von LENK (1962) sowie für die Betrachtungsjahre angenommene Einwohnerzahlen.

Jahr	Einwohner in Mio.	Pkw pro 1.000 Einwohner			
		Maximal I	Maximal II	Minimal I	Minimal II
1965	58	146	145	140	140
1970	60,5	213	204	188	184
1975	63	275	257	232	221
1980	66	320	300	270	265
1985	69	342	325	300	300
1990	72	345	330	300	300

**Tabelle A. 4: Szenarien der Prognose von LENK (1962) für die Jahre 1965-1990**

(Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Lenk (1962), S. 42–43)

<sup>560</sup> Vgl. Deutsche Shell AG (Hg.) (1989), S. 22

**SIEBKE (1963): ,Die Automobilnachfrage: die Nachfrage nach Personenkraftwagen in der Bundesrepublik Deutschland, mit einer Prognose bis zum Jahre 1970‘**

Die von SIEBKE zur Prognose verwendeten Funktionen lauten für die verschiedenen Sättigungsniveaus  $k = 300$  bzw.  $k = 250$ :<sup>561</sup>

$$B(t) = \frac{300}{1 + e^{3,1072 - 0,2109 \cdot t}}$$

**Formel A. 4: Logistische Prognosefunktion von SIEBKE mit  $k = 300$**

$$B(t) = \frac{250}{1 + e^{2,839 - 0,2186 \cdot t}}$$

**Formel A. 5: Logistische Prognosefunktion von SIEBKE mit  $k = 250$**

**Tabelle A. 5** zeigt die Prognoseergebnisse aus der Arbeit von SIEBKE.

Jahr	Bevölkerungs- prognose (in Mio. Einwohner)	<i>Pkw pro 1.000 Einwohner</i>	
		Minimal ( $k = 250$ )	Maximal ( $k = 300$ )
1961	52.702	98,3	99,7
1962	53.083	111,6	114,2
1963	53.465	125,2	129,5
1964	53.846	138,8	145,2
1965	54.227	152,1	161
1966	54.598	164,7	176,5
1967	54.969	176,5	191,5
1968	55.340	187,4	205,6
1969	55.711	197,1	218,7
1970	56.082	205,6	230,6

**Tabelle A. 5: Prognose von SIEBKE (1963) bis 1970**

(Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Siebke (1963), S. 40, vgl. auch Siebke (1963), S. 92)

<sup>561</sup> Vgl. Siebke (1963), S. 39

**KAIN/BEESLEY (1964): ,Urban Form, Car Ownership and Public Policy: An Appraisal of Traffic in Towns‘**

Die Ergebnisse sind im Vergleich in **Tabelle A. 6** dargestellt:<sup>562</sup>

Jahr	Pkw pro 1.000 Einwohner			
	Großbritannien (TANNER)	Naiver Ansatz für Leeds	Leeds (offizielle Wechselkurse)	Leeds (kaufkraftbereinigt)
1960 (aktuell)	110	84	84	84
1965	160	122	102	103
1970	220	168	110	113
1975	280	214	119	125
1980	330	252	130	137
1990	380	290	155	168
2000	390	298	187	207
2010	400	306	229	258

**Tabelle A. 6: Prognose der Pkw-Dichte für Leeds 1960-2010**

(Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Kain/Beesley (1964), S. 188)

**KAIN/BEESLEY (1965): ,Forecasting Car Ownership and Use‘**

Die nachfolgende **Tabelle A. 7** zeigt die von KAIN/BEESLEY ermittelten Pkw-Dichten für Leeds für die drei Wachstumsraten-Szenarien auf Basis der Prognosefunktion mit kaufkraftbereinigten Wechselkursen zwischen GBP<sup>563</sup> und US-Dollar.

Jahr	Pkw pro 1.000 Einwohner				
	Großbritannien (TANNER)	Naiver Ansatz für Leeds	Leeds (kaufkraftbereinigt, 1,5% Wachstum)	Leeds (kaufkraftbereinigt, 2% Wachstum)	Leeds (kaufkraftbereinigt, 2,5% Wachstum)
1960 (aktuell)	110	84	84	84	84
1965	160	122	103	106	109
1970	220	168	111	117	124
1975	280	214	121	131	141
1980	330	252	131	145	161
1990	380	290	153	178	208
2000	390	298	179	219	268
2010	400	308	209	269	346

**Tabelle A. 7: Prognose der Pkw-Dichte für Leeds und Großbritannien 1960-2010**

(Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Kain/Beesley (1965), S. 167)

<sup>562</sup> Vgl. Kain/Beesley (1964), S. 188

<sup>563</sup> GBP: Great Britain Pound (Britische Pfund Sterling)

Darüber hinaus enthält Tabelle A. 7 die Ergebnisse der Prognose des TRRLs bzw. TANNERS für Großbritannien und des naiven Ansatzes, der jeweils 76 Prozent von TANNERS Werten annimmt - gestützt darauf, dass das Motorisierungsniveau der Stadt Leeds im Jahr 1960 etwa 76 Prozent des Motorisierungsniveaus Großbritanniens betrug.

**WANG/TETER/SPERLING (2011): *„China's Soaring Vehicle Population: Even Greater than Forecasted?“***

**Tabelle A. 8** enthält die zu Analogieschlüssen herangezogenen Länder, die jeweilig betroffenen Zeitabschnitte und die durchschnittlichen zugehörigen Wachstumsraten und Elastizitäten der Arbeit von WANG/TETER/SPERLING aus dem Jahr 2011.

Land	Periode	Ø jährliche Wachstumsrate des GDP pro Kopf (in %)	Ø jährliche Wachstumsrate der Fahrzeuganzahl pro Kopf (in %)	Elastizität zwischen Fahrzeugen pro Kopf und GDP pro Kopf
Japan	1964-1979	6,1	14,5	2,35
Südkorea	1988-2003	5,5	14,2	2,6
USA	1916-1931	1,3	14,9	11,84
Deutschland	1954-1969	5,9	12,4	2,12
Italien	1959-1974	5	13,6	2,7
Spanien	1966-1981	3,2	12,7	3,99
Brasilien	1973-1988	2,6	5,5	2,12

**Tabelle A. 8: Übersicht der Länder, Zeitabschnitte und Wachstumsraten**

(Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Wang/Teter/Sperling (2011), S. 3305)

## Anhang B: Weiterführende Informationen zu Kapitel 6

### Definition Multikollinearität (Bezug in Kapitel 4.4.5 und Kapitel 6.4)

Zeigen zwei oder mehr Vektoren in die gleiche Richtung, spricht man von Multikollinearität. Diese kann eine oder mehrere der folgenden Erscheinungsformen aufweisen.<sup>564</sup>

- (1) Zwei Erklärungsvariablen sind perfekt korreliert.
- (2) Zwei Erklärungsvariablen sind stark korreliert.
- (3) Eine Linearkombination aus Erklärungsvariablen ist mit einer anderen Erklärungsvariablen stark korreliert.
- (4) Eine Linearkombination aus einer Teilmenge von Erklärungsvariablen ist stark korreliert mit einer der Linearkombination einer weiteren Teilmenge von Erklärungsvariablen.

### Übersicht der Abwrackprogramme einiger Länder

Land	Geltungsdauer	Prämie (Euro)	Pkw-Alter
Deutschland	14.01.2009-31.12.2009	2.500	> 9 Jahre
Frankreich	04.12.2008-31.12.2009	1.000	> 10 Jahre
Italien	07.02.2009-31.12.2009 (Zulassung bis 31.03.2010)	1.500-5.000 (Pkw)	> 9 Jahre
	07.02.2009-31.12.2009 (Zulassung bis 31.03.2010)	2.500-6.500 (Leichte Nutzfahrzeuge)	> 9 Jahre
Luxemburg	22.01.2009-01.10.2010	1.500-1.750 Euro	> 10 Jahre
Niederlande	2009-2010	750-1.000 Euro (Benziner)	> 13 Jahre (Benziner)
		1.000-1.750 Euro (Diesel)	> 9 Jahre (Diesel)
Österreich	01.04.2009-31.12.2009	1.500	> 13 Jahre
Portugal	01.01.2009-31.12.2009	1.000 Euro (> 10 Jahre)	> 10 Jahre
		1.250 Euro (> 15 Jahre)	> 15 Jahre
Rumänien	01.02.2009-31.12.2009	ca. 900 Euro	> 10 Jahre
Slowakei	09.03.2009-25.03.2009	1.000-1.500 Euro	> 10 Jahre
	06.04.2009-31.12.2009	2.000 €	> 10 Jahre
Spanien	01.12.2008-01.10.2010	Zinsfreier Kredit bis zu 10.000 Euro	> 10 Jahre oder > 250.000 km
Vereinigtes Königreich	05/2009-02/2010	2.000 GBP	> 10 Jahre
Zypern	zunächst unbegrenzt	675-1.700 Euro	> 15 Jahre

**Tabelle A. 9: Übersicht über Verschrottungs-Programme**

(Quelle: Vgl. ACEA - European Automobile Manufacturer's Association (Hg.) (2009))

<sup>564</sup> Vgl. Makridakis/Hyndman/Wheelwright (1998), S. 287–288



## Anhang C: Weiterführende Informationen zu Kapitel 7

### **Weltbank-Definition: GDP pro Kopf, PPP (constant 2005 international Dollar)**

„GDP per capita based on purchasing power parity (PPP). PPP GDP is gross domestic product converted to international dollars using purchasing power parity rates. An international dollar has the same purchasing power over GDP as the U.S. dollar has in the United States. GDP at purchaser's prices is the sum of gross value added by all resident producers in the economy plus any product taxes and minus any subsidies not included in the value of the products. It is calculated without making deductions for depreciation of fabricated assets or for depletion and degradation of natural resources. Data are in constant 2005 international dollars.“<sup>565</sup>

### **Von Kapitel 3 abweichende Parametrierung der logistischen Funktion**

In der praktischen Anwendung des Kapitels 7 wird gegenüber Kapitel 3.2.2 des Theorieteils (Formel 3.6) eine leicht veränderte Parametrierung der logistischen Funktion verwendet. Die logistische Funktion gemäß Kapitel 3.2.2 lautet:

$$f(t) = \frac{M}{1 + \alpha \cdot e^{(-\beta \cdot t)}}$$

**Formel A. 6: Logistische Funktion**

Gegenüber dieser Form der logistischen Funktion wird  $\alpha$  durch  $e^a$  substituiert. Gemäß Potenzgesetzen gilt:  $e^a \cdot e^{-\beta \cdot t} = e^{a-\beta \cdot t}$ .

Der Parameter  $\alpha$  wird aus Praktikabilitätsgründen durch  $a$  ersetzt. Da als unabhängige Variable hier nicht die Zeit  $t$ , sondern das GDP pro Kopf eingeht, wird  $t$  durch  $x$  ersetzt. Somit ergibt sich als verwendete logistische Funktion:

$$f(M, a, b, x) = \frac{M}{(1 + e^{(a-b \cdot x)})}$$

**Formel A. 7: Logistische Funktion mit alternativer Parametrierung**

---

<sup>565</sup> The World Bank (Hg.) (2014)

Die in Kapitel 3.2.2 getroffenen Aussagen über Auswirkungen von Parameteränderungen hinsichtlich Verschiebung der Funktion in  $x$ -Richtung oder Wachstumsstärke behalten auch für die geänderte Parametrierung ihre Gültigkeit.

### Von Kapitel 3 abweichende Parametrierung der GOMPERTZ-Funktion

In der praktischen Anwendung des Kapitels 7 wird gegenüber Kapitel 3.2.3 des Theorieteils (Formel 3.7) eine leicht veränderte Parametrierung der GOMPERTZ-Funktion verwendet. Die GOMPERTZ-Funktion gemäß Kapitel 3.2.3 lautet:

$$f(t) = M \cdot e^{(-\alpha \cdot e^{(-\beta \cdot t)})}$$

**Formel A. 8: GOMPERTZ-Funktion**

Gemäß Potenzgesetzen gilt:  $e^{-\beta \cdot t} = (e^{-\beta})^t$ . Für die praktische Anwendung und Verwendung der GOMPERTZ-Funktion in SPSS wird  $e^{-\beta}$  durch  $b$  substituiert. Die Ersetzung der Parameter  $\alpha$  durch  $a$  und der Variablen  $t$  durch  $x$  erfolgt analog zum Fall der logistischen Funktion auch hier. Somit ergibt sich als verwendete GOMPERTZ-Funktion:

$$f(M, a, b, x) = M \cdot e^{-a \cdot b^x}$$

**Formel A. 9: GOMPERTZ-Funktion mit alternativer Parametrierung**

Die in Kapitel 3.2.3 vorgestellten parameterabhängigen Eigenschaften verändern sich dadurch insofern, als gilt:  $\beta = -\ln(b)$ . Für  $0 < b < 1$  bedeutet das ein  $\beta$  zwischen  $\infty$  und 0. Je kleiner  $b$ , desto größer  $\beta$ . Da in Kapitel 3.2.3 gezeigt wurde, dass mit steigendem Betrag von  $\beta$  die Steigung der GOMPERTZ-Funktion steiler wird, lässt sich für  $b$  ableiten, dass die Steigung der GOMPERTZ-Funktion steiler ist, je kleiner der Betrag von  $b$ .



### Liste der betrachteten Länder und Zeiträume

**Tabelle A. 10** und **Tabelle A. 11** zeigen die für die Kurvenschätzung in Kapitel 7 sowie in Abbildung 4.2 und Abbildung 4.3 berücksichtigten Länder.

Land	Zeitraum
Albanien	1993-1999
Argentinien	1984-1992, 2000-2006
Armenien	1993-1997
Aserbaidshan	1993-2010
Australien	1985-1993, 1995-1997, 1999, 2001-2012
Belgien	1980-2012
Bosnien und Herzegowina	1995-1996, 2005, 2008-2011
Brasilien	1984-1992, 1995-1997, 2000-2012
Bulgarien	1980, 1984-2011
China	1980, 1985-2012
Dänemark	1984-2009
Deutschland	1980-2012
Estland	1995-2011
Finnland	1984-2011
Frankreich	1980-2012
Georgien	1993-2008, 2010
Griechenland	1980-2009
Indien	1984-2012
Indonesien	1995-1998, 2000-2012
Irland	2000-2011
Island	1993-2005, 2008-2011
Israel	1993-2002, 2008-2011
Italien	1980-2012
Japan	1980, 1984-2012
Kanada	1980, 1984-2012
Kasachstan	1993-2002, 2005, 2008-2011
Kirgisistan	1993-2008
Korea, Republik (Südkorea)	1984-1993, 1995-1998, 2000-2012
Kroatien	1995-2011
Lettland	1994-2011
Litauen	1993-2011
Luxemburg	1980-2011
Malaysia	1995-1997, 2001-2012
Malta	1993-2011
Mazedonien	1993-2003, 2005-2011
Mexiko	1984-1987, 1989-1993, 1995-1999, 2001-2012
Moldawien (Republik Moldau)	1993-2011
Montenegro	2009-2011
Niederlande	1980-2012
Norwegen	1980, 1984-2011
Österreich	1980, 1984-2012

**Tabelle A. 10: In der Durchschnittskurve betrachtete Länder und Zeiträume – Teil 1**

Land	Zeitraum
Polen	1990-2012
Portugal	1984-1993, 1995-1998, 2000-2012
Rumänien	1980, 1984-2012
Russische Föderation	1993-2012
Schweden	1980-2012
Schweiz	1993-2012
Serbien	2005-2011
Slowakei	1993-2012
Slowenien	1990-2012
Spanien	1980-2012
Südafrika	1984-1988, 1990-1997, 2000-2004, 2006-2012
Tadschikistan	1993, 1996-1999
Thailand	1995-1999, 2001-2012
Tschechische Republik	1993-2012
Türkei	1980-2012
Turkmenistan	1993, 1996, 2008
Ukraine	1989-1998, 2000-2011
Ungarn	1984-2012
Usbekistan	1993-1994
Vereinigtes Königreich Großbritannien und Nordirland	1980-2011
Weißrussland	1990-1998, 2000-2009
Zypern	1993-2011

Tabelle A. 11: In der Durchschnittskurve betrachtete Länder und Zeiträume – Teil 2

### Starke Abweichler von der Durchschnittskurve

**Tabelle A. 12** zeigt diejenigen Länder, deren Residuen-Variation besonders groß ist, so dass ihr tatsächlicher Wachstumsverlauf vergleichsweise schlecht durch die geschätzte GOMPERTZ-Funktion repräsentiert wird (vgl. Abbildung 7.2).

Land	R <sup>2</sup> Logistische Funktion	R <sup>2</sup> GOMPERTZ-Funktion
Griechenland	0,533	0,358
Litauen	0,335	0,360
Estland	0,536	0,554
Israel	0,564	0,402
Korea, Republik (Südkorea)	0,686	0,528
Portugal	0,697	0,370
Polen	0,689	0,737
Lettland	0,467	0,626
Bulgarien	0,557	0,736
Dänemark	0,425	0,695

Tabelle A. 12: Länder mit großer Residuen-Variation

### **Problem der Übertragung von T- und F-Statistiken auf den nichtlinearen Fall (Bezug auf Kapitel 7.1.3)**

T- und F-Statistiken lassen sich nicht ohne Weiteres auf den nichtlinearen Fall übertragen. Ein Grund hierfür ist, dass keine unverzerrte Schätzung von  $\sigma^2$  (der echten Varianz des Fehlerterms  $\varepsilon$ ) beobachtet werden kann. Selbst wenn  $\varepsilon$  mit dem Mittelwert 0 normalverteilt wäre, wären es die Residuen nicht. Daher würden die quadrierten Residuen keiner Chi-Quadrat-Verteilung folgen, die geschätzten Koeffizienten selbst werden nicht normalverteilt sein und T- und F-Test können nicht angewandt werden. Im Gegensatz dazu lässt sich  $R^2$  im eigentlichen Sinne verwenden.<sup>566</sup>

### **Überführung der logistischen Funktion in eine linearisierte Form**

Die logistische Funktion in der Parametrierung aus Kapitel 7.1.3<sup>567</sup> lautet:

$$Y = \frac{M}{(1 + e^{a-b \cdot x})}$$

#### **Formel A. 10: Logistische Funktion**

Dies lässt sich mathematisch transformieren in:

$$\frac{M}{Y} - 1 = e^{a-b \cdot x}$$

und schließlich durch Logarithmieren in folgende linearisierte Form überführen:

$$\ln\left(\frac{M}{Y} - 1\right) = a - b \cdot x$$

#### **Formel A. 11: Linearisierte Form der logistischen Funktion**

Wird für M im Vorfeld eine Annahme getroffen, so können sämtliche Werte für  $\ln\left(\frac{M}{Y} - 1\right)$  vorab berechnet und die Parameter  $a$  und  $b$  per linearer Regression geschätzt werden.

---

<sup>566</sup> Vgl. Pindyck/Rubinfeld (1998), S. 270–271

<sup>567</sup> Die Parameterbedeutungen bleiben gegenüber Kapitel 7.1.3 unverändert.

### Überführung der GOMPERTZ-Funktion in eine linearisierte Form

Die GOMPERTZ-Funktion in der Parametrierung aus Kapitel 7.1.3<sup>568</sup> lautet:

$$Y = M \cdot e^{-a \cdot b^x}$$

**Formel A. 12: GOMPERTZ-Funktion**

Dies lässt sich mathematisch transformieren in:

$$\ln(Y) = \ln(M) - a \cdot b^x$$

und schließlich durch Logarithmieren in folgende linearisierte Form überführen:

$$\ln(\ln(M) - \ln(Y)) = \ln(a) + \ln(b) \cdot x$$

**Formel A. 13: Linearisierte Form der GOMPERTZ-Funktion**

Wird für  $M$  im Vorfeld eine Annahme getroffen, so können sämtliche Werte für  $\ln(\ln(M) - \ln(Y))$  vorab berechnet und die Parameter  $\ln(a)$  und  $\ln(b)$  per linearer Regression geschätzt werden. Durch anschließendes Delogarithmieren lassen sich hieraus die Parameter  $a$  und  $b$  gewinnen.

### SPSS-Ausgaben zur Erstschtzung aus Kapitel 7.1.3 (logistische Funktion)

Zunächst erfolgt eine Linearisierung der logistischen Funktion zur Startwertgenerierung für die nichtlineare Schätzung mit Hilfe linearer Regression. Hierzu (und zur Berechnung der neuen abhängigen Variablen ‚Linearisierung\_Log\_Fkt‘) wird die Annahme  $M = 700$  getroffen.

Modellübersicht

Modell	R	R-Quadrat	Angepasstes R-Quadrat	Standardfehler der Schätzung
1	,821 <sup>a</sup>	,673	,673	,92056

a. Prädiktoren: (Konstante), GDPin1000

**Tabelle A. 13: Modellübersicht der linearisierten logistischen Funktion (SPSS)**

<sup>568</sup> Die Parameterbedeutungen bleiben gegenüber Kapitel 7.1.3 unverändert.

ANOVA<sup>a</sup>

Modell	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1 Regression	2392,745	1	2392,745	2823,504	,000 <sup>b</sup>
Residuum	1160,990	1370	,847		
Gesamtsumme	3553,735	1371			

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Log\_Fkt

b. Prädiktoren: (Konstante), GDPin1000

**Tabelle A. 14: Anova-Tabelle der linearisierten logistischen Funktion (SPSS)**Koeffizienten<sup>a</sup>

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
	B	Standardfehler	Beta		
1 (Konstante)	2,690	,045		59,782	,000
GDPin1000	-,110	,002	-,821	-53,137	,000

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Log\_Fkt

**Tabelle A. 15: Koeffizienten der linearisierten logistischen Funktion (SPSS)**

Durchführung der nichtlinearen Funktion, basierend auf den Startwerten, die über eine Linearisierung der logistischen Funktion und anschließende lineare Regression gewonnen wurden:  $a = 2,690$  und  $b = 0,110$ .

Iterationsverlauf<sup>b</sup>

Iterationsnummer <sup>a</sup>	Residuenquadratsumme	Parameter		
		M	a	b
1.0	10904363,715	700,000	2,690	,110
1.1	9229218,323	506,177	2,022	,117
2.0	9229218,323	506,177	2,022	,117
2.1	7420000,924	504,213	2,352	,153
3.0	7420000,924	504,213	2,352	,153
3.1	7363596,261	508,487	2,434	,160
4.0	7363596,261	508,487	2,434	,160
4.1	7363464,353	507,815	2,435	,160
5.0	7363464,353	507,815	2,435	,160
5.1	7363460,982	507,687	2,436	,160
6.0	7363460,982	507,687	2,436	,160

6.1	7363460,887	507,665	2,436	,160
7.0	7363460,887	507,665	2,436	,160
7.1	7363460,885	507,661	2,436	,160

Ableitungen werden numerisch berechnet.<sup>b</sup>

a. Die Nummer der Hauptiteration wird links von der Dezimalstelle angezeigt und die Nummer der untergeordneten Iteration rechts von der Dezimalstelle.

b. Die Ausführung wurde nach 14 Modellevaluierungen und 7 Ableitungsevaluierungen gestoppt, da die relative Verkleinerung zwischen den aufeinanderfolgenden Residuenquadratsummen maximal  $SSCON = 1,000E-8$  ist.

**Tabelle A. 16: Iterationsverlauf der logistischen Funktion (SPSS)**

Parameterschätzungen

Parameter	Schätzung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
M	507,661	6,525	494,861	520,462
a	2,436	,060	2,318	2,554
b	,160	,005	,150	,170

**Tabelle A. 17: Parameterschätzungen der logistischen Funktion (SPSS)**

Korrelationen der Parameterschätzungen

	M	a	b
M	1,000	-,336	-,732
a	-,336	1,000	,829
b	-,732	,829	1,000

**Tabelle A. 18: Parameter-Korrelationen der logistischen Funktion (SPSS)**

ANOVA<sup>a</sup>

Quelle	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate
Regression	142284510,147	3	47428170,049
Residuum	7363460,885	1369	5378,715
Nicht korrigierter Gesamtwert	149647971,032	1372	
Korrigierter Gesamtwert	42752715,713	1371	

Abhängige Variable: PKW\_Dichte<sup>a</sup>

a.  $R\text{-Quadrat} = 1 - (\text{Residuenquadratsumme}) / (\text{korrigierte Quadratsumme}) = ,828$ .

**Tabelle A. 19: Anova-Tabelle der logistischen Funktion (SPSS)**

### SPSS-Ausgaben zur Erstschtzung aus Kapitel 7.1.3 (GOMPERTZ-Funktion)

Zunächst erfolgt die Linearisierung der GOMPERTZ-Funktion zur Startwertgenerierung für die nichtlineare Schätzung mit Hilfe linearer Regression. Hierzu (und zur Berechnung der neuen abhängigen Variablen ‚Linearisierung\_Gompertz ‘) wird die Annahme  $M = 700$  getroffen.

Modellübersicht

Modell	R	R-Quadrat	Angepasstes R-Quadrat	Standardfehler der Schätzung
1	,877 <sup>a</sup>	,768	,768	,42259

a. Prädiktoren: (Konstante), GDPin1000

**Tabelle A. 20: Modellübersicht der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (SPSS)**

ANOVA<sup>a</sup>

Modell	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1 Regression	812,142	1	812,142	4547,617	,000 <sup>b</sup>
Residuum	244,663	1370	,179		
Gesamtsumme	1056,805	1371			

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Gompertz

b. Prädiktoren: (Konstante), GDPin1000

**Tabelle A. 21: Anova-Tabelle der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (SPSS)**

Koeffizienten<sup>a</sup>

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
	B	Standardfehler	Beta		
1 (Konstante)	1,079	,021		52,229	,000
GDPin1000	-,064	,001	-,877	-67,436	,000

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Gompertz

**Tabelle A. 22: Koeffizienten der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (SPSS)**

Durchführung der nichtlinearen Funktion, basierend auf den Startwerten, die über eine Linearisierung der GOMPERTZ-Funktion und anschließende lineare Regression gewonnen wurden. Die Ergebnisse der linearen Regression  $\ln(a) = 1,079$  und  $\ln(b) = -0,064$  müssen allerdings zunächst delogarithmiert werden. Durch

Delogarithmieren ergeben sich die Startwerte für die GOMPERTZ-Schätzung zu  $a = 2,9417$  und  $b = 0,9380$ .

Iterationsverlauf<sup>b</sup>

Iterationsnummer <sup>a</sup>	Residuenquadratsumme	Parameter		
		M	a	b
1.0	8044472,513	700,000	2,942	,938
1.1	8616874,873	516,594	2,925	,918
1.2	7528520,286	624,942	2,773	,931
2.0	7528520,286	624,942	2,773	,931
2.1	7383175,225	535,141	3,047	,912
3.0	7383175,225	535,141	3,047	,912
3.1	7161975,799	546,639	3,248	,907
4.0	7161975,799	546,639	3,248	,907
4.1	7161822,934	545,810	3,264	,906
5.0	7161822,934	545,810	3,264	,906
5.1	7161822,479	545,735	3,265	,906
6.0	7161822,479	545,735	3,265	,906
6.1	7161822,475	545,727	3,265	,906

Ableitungen werden numerisch berechnet.<sup>b</sup>

a. Die Nummer der Hauptiteration wird links von der Dezimalstelle angezeigt und die Nummer der untergeordneten Iteration rechts von der Dezimalstelle.

b. Die Ausführung wurde nach 13 Modellevaluierungen und 6 Ableitungsevaluierungen gestoppt, da die relative Verkleinerung zwischen den aufeinanderfolgenden Residuenquadratsummen maximal  $SSCON = 1,000E-8$  ist.

Tabelle A. 23: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (SPSS)

Parameterschätzungen

Parameter	Schätzung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
M	545,727	9,140	527,797	563,657
a	3,265	,108	3,053	3,476
b	,906	,003	,900	,913

Tabelle A. 24: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (SPSS)



Korrelationen der Parameterschätzungen

	M	a	b
M	1,000	-,495	,861
a	-,495	1,000	-,816
b	,861	-,816	1,000

Tabelle A. 25: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (SPSS)

ANOVA<sup>a</sup>

Quelle	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate
Regression	142486148,557	3	47495382,852
Residuum	7161822,475	1369	5231,426
Nicht korrigierter Gesamtwert	149647971,032	1372	
Korrigierter Gesamtwert	42752715,713	1371	

Abhängige Variable: PKW\_Dichte<sup>a</sup>

a. R-Quadrat = 1 - (Residuenquadratsumme) / (korrigierte Quadratsumme) = ,832.

Tabelle A. 26: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (SPSS)

## SPSS-Ausgaben zu Kapitel 7.4

In allen Fällen erfolgt zuerst eine Linearisierung und anschließende Schätzung per linearer Regression zur Generierung von Startwerten für die nichtlineare Regression mittels GOMPERTZ-Funktion. In allen Fällen wird aber für  $M$  der Schätzwert  $M = 545,727$  übernommen, der in Kapitel 7.1.3 ermittelt wurde.

## Fall 1: Erweiterung der Ausgangsfunktion um einen Osteuropa-Dummy

Lineare Regression des linearisierten Modells zur Startwertgewinnung.

Modellübersicht

Modell	R	R-Quadrat	Angepasstes R-Quadrat	Standardfehler der Schätzung
1	,891 <sup>a</sup>	,793	,793	,39937

a. Prädiktoren: (Konstante), OsteuropaDummy, GDPin1000

Tabelle A. 27: Modellübersicht der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS)

ANOVA<sup>a</sup>

Modell	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1 Regression	838,452	2	419,226	2628,396	,000 <sup>b</sup>
Residuum	218,354	1369	,159		
Gesamtsumme	1056,805	1371			

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Gompertz

b. Prädiktoren: (Konstante), OsteuropaDummy, GDPin1000

**Tabelle A. 28: Anova-Tabelle der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS)**Koeffizienten<sup>a</sup>

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
	B	Standardfehler	Beta		
1 (Konstante)	1,252	,024		52,757	,000
GDPin1000	-,068	,001	-,936	-71,281	,000
OsteuropaDummy	-,327	,025	-,169	-12,843	,000

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Gompertz

**Tabelle A. 29: Koeffizienten der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS)**

Das Delogarithmieren der mittels linearer Regression geschätzten Koeffizienten führt zu den Startwerten:  $a = 3,497$ ,  $b = 0,934$ ,  $c = 0,721$ . Für  $M$  wird das Schätzergebnis aus Kapitel 7.1.3  $M = 545,727$  übernommen. Nachfolgend die Ausgabewerte der nichtlinearen Regression.

Iterationsverlauf<sup>b</sup>

Iterationsnummer <sup>a</sup>	Residuenquadratsumme	Parameter			
		M	a	b	c
1.0	14808407,062	545,727	3,497	,934	,721
1.1	6686820,332	514,608	3,859	,904	,664
2.0	6686820,332	514,608	3,859	,904	,664
2.1	6075822,578	552,700	4,366	,900	,658
3.0	6075822,578	552,700	4,366	,900	,658
3.1	6074447,793	550,476	4,441	,899	,653
4.0	6074447,793	550,476	4,441	,899	,653

4.1	6074432,804	550,199	4,451	,899	,652
5.0	6074432,804	550,199	4,451	,899	,652
5.1	6074432,539	550,160	4,452	,899	,652
6.0	6074432,539	550,160	4,452	,899	,652
6.1	6074432,534	550,154	4,453	,899	,652

Ableitungen werden numerisch berechnet.<sup>b</sup>

a. Die Nummer der Hauptiteration wird links von der Dezimalstelle angezeigt und die Nummer der untergeordneten Iteration rechts von der Dezimalstelle.

b. Die Ausführung wurde nach 12 Modellevaluierungen und 6 Ableitungsevaluierungen gestoppt, da die relative Verkleinerung zwischen den aufeinanderfolgenden Residuenquadratsummen maximal  $SSCON = 1,000E-8$  ist.

**Tabelle A. 30: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS)**

Parameterschätzungen

Parameter	Schätzung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
M	550,154	8,519	533,443	566,865
a	4,453	,192	4,075	4,830
b	,899	,003	,893	,905
c	,652	,019	,614	,690

**Tabelle A. 31: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS)**

Korrelationen der Parameterschätzungen

	M	a	b	c
M	1,000	-,500	,844	,278
a	-,500	1,000	-,836	-,699
b	,844	-,836	1,000	,467
c	,278	-,699	,467	1,000

**Tabelle A. 32: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS)**

ANOVA<sup>a</sup>

Quelle	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate
Regression	143573538,498	4	35893384,624
Residuum	6074432,534	1368	4440,375
Nicht korrigierter Gesamtwert	149647971,032	1372	
Korrigierter Gesamtwert	42752715,713	1371	

Abhängige Variable: PKW\_Dichte<sup>a</sup>

a. R-Quadrat = 1 - (Residuenquadratsumme) / (korrigierte Quadratsumme) = ,858.

**Tabelle A. 33: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (1) (SPSS)**

## Fall 2: Erweiterung der Ausgangsfunktion um einen EU-Dummy

Lineare Regression des linearisierten Modells zur Startwertgewinnung.

Modellübersicht

Modell	R	R-Quadrat	Angepasstes R-Quadrat	Standardfehler der Schätzung
1	,882 <sup>a</sup>	,777	,777	,41466

a. Prädiktoren: (Konstante), EUDummy, GDPin1000

**Tabelle A. 34: Modellübersicht der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS)**

ANOVA<sup>a</sup>

Modell	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1 Regression	821,421	2	410,710	2388,698	,000 <sup>b</sup>
Residuum	235,385	1369	,172		
Gesamtsumme	1056,805	1371			

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Gompertz

b. Prädiktoren: (Konstante), EUDummy, GDPin1000

**Tabelle A. 35: Anova-Tabelle der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS)**

Koeffizienten<sup>a</sup>

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
	B	Standardfehler	Beta		
1 (Konstante)	1,075	,020		52,996	,000
GDPin1000	-,060	,001	-,818	-54,494	,000
EUDummy	-,202	,027	-,110	-7,346	,000

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Gompertz

**Tabelle A. 36: Koeffizienten der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS)**

Das Delogarithmieren der mittels linearer Regression geschätzten Koeffizienten führt zu den Startwerten:  $a = 2,930$ ,  $b = 0,9418$ ,  $d = 0,8171$ . Für  $M$  wird das Schätzergebnis aus Kapitel 7.1.3  $M = 545,727$  übernommen. Nachfolgend die Ausgabewerte der nichtlinearen Regression.

Iterationsverlauf<sup>b</sup>

Iterationsnummer <sup>a</sup>	Residuenquadratsumme	Parameter			
		M	a	b	d
1.0	14929122,816	545,727	2,930	,942	,817
1.1	7382348,912	529,988	2,831	,919	,827
2.0	7382348,912	529,988	2,831	,919	,827
2.1	7048268,764	553,697	3,109	,914	,843
3.0	7048268,764	553,697	3,109	,914	,843
3.1	7047872,590	553,078	3,115	,914	,842
4.0	7047872,590	553,078	3,115	,914	,842
4.1	7047872,561	553,090	3,115	,914	,842

Ableitungen werden numerisch berechnet.<sup>b</sup>

a. Die Nummer der Hauptiteration wird links von der Dezimalstelle angezeigt und die Nummer der untergeordneten Iteration rechts von der Dezimalstelle.

b. Die Ausführung wurde nach 8 Modellevaluierungen und 4 Ableitungsevaluierungen gestoppt, da die relative Verkleinerung zwischen den aufeinanderfolgenden Residuenquadratsummen maximal  $SSCON = 1,000E-8$  ist.

**Tabelle A. 37: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS)**

Parameterschätzungen

Parameter	Schätzung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
M	553,090	9,840	533,788	572,392
a	3,115	,100	2,918	3,311
b	,914	,003	,907	,921
d	,842	,030	,783	,902

**Tabelle A. 38: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS)**

Korrelationen der Parameterschätzungen

	M	a	b	d
M	1,000	-,480	,832	,041
a	-,480	1,000	-,809	,177
b	,832	-,809	1,000	-,265
d	,041	,177	-,265	1,000

**Tabelle A. 39: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS)**ANOVA<sup>a</sup>

Quelle	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate
Regression	142600098,471	4	35650024,618
Residuum	7047872,561	1368	5151,954
Nicht korrigierter Gesamtwert	149647971,032	1372	
Korrigierter Gesamtwert	42752715,713	1371	

Abhängige Variable: PKW\_Dichte<sup>a</sup>

a. R-Quadrat = 1 - (Residuenquadratsumme) / (korrigierte Quadratsumme) = ,835.

**Tabelle A. 40: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (2) (SPSS)****Fall 3: Erweiterung der Funktion um einen Osteuropa- und einen EU-Dummy**

Lineare Regression des linearisierten Modells zur Startwertgewinnung.

Modellübersicht

Modell	R	R-Quadrat	Angepasstes R-Quadrat	Standardfehler der Schätzung
1	,896 <sup>a</sup>	,802	,802	,39102

a. Prädiktoren: (Konstante), EUDummy, OsteuropaDummy, GDPin1000

**Tabelle A. 41: Modellübersicht der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS)**

ANOVA<sup>a</sup>

Modell	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1 Regression	847,642	3	282,547	1847,961	,000 <sup>b</sup>
Residuum	209,163	1368	,153		
Gesamtsumme	1056,805	1371			

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Gompertz

b. Prädiktoren: (Konstante), EUDummy, OsteuropaDummy, GDPin1000

**Tabelle A. 42: Anova-Tabelle der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS)**

Koeffizienten<sup>a</sup>

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
	B	Standardfehler	Beta		
1 (Konstante)	1,248	,023		53,671	,000
GDPin1000	-,064	,001	-,878	-59,016	,000
OsteuropaDummy	-,326	,025	-,168	-13,096	,000
EUDummy	-,201	,026	-,110	-7,753	,000

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Gompertz

**Tabelle A. 43: Koeffizienten der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS)**

Nach Delogarithmieren ergeben sich folgende Startwerte:  $a = 3,4834$ ,  $b = 0,938$ ,  $c = 0,722$ ,  $d = 0,818$ . Für  $M$  wurde der Schätzwert  $M = 545,727$  aus Kapitel 7.1.3 verwendet.

Iterationsverlauf<sup>b</sup>

Iterationsnummer <sup>a</sup>	Residuenquadratsumme	Parameter				
		M	a	b	c	d
1.0	14137964,508	545,727	3,483	,938	,722	,818
1.1	6364701,728	529,388	3,735	,911	,671	,835
2.0	6364701,728	529,388	3,735	,911	,671	,835
2.1	5997372,869	560,526	4,144	,907	,667	,871
3.0	5997372,869	560,526	4,144	,907	,667	,871

3.1	5996598,845	558,534	4,195	,906	,663	,869
4.0	5996598,845	558,534	4,195	,906	,663	,869
4.1	5996592,406	558,344	4,202	,906	,663	,869
5.0	5996592,406	558,344	4,202	,906	,663	,869
5.1	5996592,298	558,315	4,202	,906	,663	,869
6.0	5996592,298	558,315	4,202	,906	,663	,869
6.1	5996592,296	558,312	4,202	,906	,663	,869

Ableitungen werden numerisch berechnet.<sup>b</sup>

a. Die Nummer der Hauptiteration wird links von der Dezimalstelle angezeigt und die Nummer der untergeordneten Iteration rechts von der Dezimalstelle.

b. Die Ausführung wurde nach 12 Modellevaluierungen und 6 Ableitungsevaluierungen gestoppt, da die relative Verkleinerung zwischen den aufeinanderfolgenden Residuenquadratsummen maximal  $SSCON = 1,000E-8$  ist.

**Tabelle A. 44: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS)**

Parameterschätzungen

Parameter	Schätzung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
M	558,312	9,146	540,370	576,254
a	4,202	,176	3,856	4,549
b	,906	,003	,900	,913
c	,663	,019	,625	,700
d	,869	,028	,814	,925

**Tabelle A. 45: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS)**

Korrelationen der Parameterschätzungen

	M	a	b	c	d
M	1,000	-,495	,821	,284	-,001
a	-,495	1,000	-,827	-,696	,159
b	,821	-,827	1,000	,454	-,289
c	,284	-,696	,454	1,000	-,023
d	-,001	,159	-,289	-,023	1,000

**Tabelle A. 46: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS)**



ANOVA<sup>a</sup>

Quelle	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate
Regression	143651378,735	5	28730275,747
Residuum	5996592,296	1367	4386,681
Nicht korrigierter Gesamtwert	149647971,032	1372	
Korrigierter Gesamtwert	42752715,713	1371	

Abhängige Variable: PKW\_Dichte<sup>a</sup>

a. R-Quadrat = 1 - (Residuenquadratsumme) / (korrigierte Quadratsumme) = ,860.

**Tabelle A. 47: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (3) (SPSS)**

## SPSS-Ausgaben zu Kapitel 7.5

### Fall 4: Erweiterung der Ausgangsfunktion um einen Asien-Dummy

Lineare Regression des linearisierten Modells zur Startwertgewinnung.

Modellübersicht

Modell	R	R-Quadrat	Angepasstes R-Quadrat	Standardfehler der Schätzung
1	,901 <sup>a</sup>	,812	,811	,38132

a. Prädiktoren: (Konstante), AsienDummy, GDPin1000

**Tabelle A. 48: Modellübersicht der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS)**

ANOVA<sup>a</sup>

Modell	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1 Regression	857,748	2	428,874	2949,538	,000 <sup>b</sup>
Residuum	199,058	1369	,145		
Gesamtsumme	1056,805	1371			

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Gompertz

b. Prädiktoren: (Konstante), AsienDummy, GDPin1000

**Tabelle A. 49: Anova-Tabelle der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS)**

Koeffizienten<sup>a</sup>

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
	B	Standardfehler	Beta		
1 (Konstante)	,861	,022		38,549	,000
GDPin1000	-,058	,001	-,790	-62,078	,000
AsienDummy	,484	,027	,225	17,710	,000

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Gompertz

**Tabelle A. 50: Koeffizienten der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS)**

Nach Delogarithmieren ergeben sich folgende Startwerte:  $a = 2,366$ ,  $b = 0,944$ ,  $d = 1,623$ . Für  $M$  wird der Schätzwert aus Kapitel 7.1.3 verwendet:  $M = 545,727$ .

Iterationsverlauf<sup>b</sup>

Iterationsnummer <sup>a</sup>	Residuenquadratsumme	Parameter			
		M	a	b	d
1.0	13833482,591	545,727	2,366	,944	1,623
1.1	6377226,351	542,423	2,481	,920	1,684
2.0	6377226,351	542,423	2,481	,920	1,684
2.1	6144454,290	572,400	2,676	,919	1,644
3.0	6144454,290	572,400	2,676	,919	1,644
3.1	6143994,840	570,567	2,682	,918	1,660
4.0	6143994,840	570,567	2,682	,918	1,660
4.1	6143987,265	570,504	2,684	,918	1,662
5.0	6143987,265	570,504	2,684	,918	1,662
5.1	6143987,127	570,489	2,684	,918	1,662
6.0	6143987,127	570,489	2,684	,918	1,662
6.1	6143987,124	570,488	2,685	,918	1,662

Ableitungen werden numerisch berechnet.<sup>b</sup>

a. Die Nummer der Hauptiteration wird links von der Dezimalstelle angezeigt und die Nummer der untergeordneten Iteration rechts von der Dezimalstelle.

b. Die Ausführung wurde nach 12 Modellevaluierungen und 6 Ableitungsevaluierungen gestoppt, da die relative Verkleinerung zwischen den aufeinanderfolgenden Residuenquadratsummen maximal  $SSCON = 1,000E-8$  ist.

**Tabelle A. 51: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS)**

Parameterschätzungen

Parameter	Schätzung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
M	570,488	9,857	551,151	589,824
a	2,685	,078	2,532	2,837
b	,918	,003	,912	,924
d	1,662	,060	1,544	1,780

**Tabelle A. 52: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS)**

Korrelationen der Parameterschätzungen

	M	a	b	d
M	1,000	-,400	,869	-,320
a	-,400	1,000	-,744	-,025
b	,869	-,744	1,000	-,281
d	-,320	-,025	-,281	1,000

**Tabelle A. 53: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS)**ANOVA<sup>a</sup>

Quelle	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate
Regression	143503983,908	4	35875995,977
Residuum	6143987,124	1368	4491,219
Nicht korrigierter Gesamtwert	149647971,032	1372	
Korrigierter Gesamtwert	42752715,713	1371	

Abhängige Variable: PKW\_Dichte<sup>a</sup>

a. R-Quadrat = 1 - (Residuenquadratsumme) / (korrigierte Quadratsumme) = ,856.

**Tabelle A. 54: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (4) (SPSS)****Fall 5: Erweiterung der Funktion um einen Osteuropa- und Asien-Dummy**

Lineare Regression des linearisierten Modells zur Startwertgewinnung.

Modellübersicht

Modell	R	R-Quadrat	Angepasstes R-Quadrat	Standardfehler der Schätzung
1	,903 <sup>a</sup>	,815	,814	,37852

a. Prädiktoren: (Konstante), AsienDummy, OsteuropaDummy, GDPin1000

**Tabelle A. 55: Modellübersicht der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS)**

ANOVA<sup>a</sup>

Modell	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1 Regression	860,806	3	286,935	2002,694	,000 <sup>b</sup>
Residuum	196,000	1368	,143		
Gesamtsumme	1056,805	1371			

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Gompertz

b. Prädiktoren: (Konstante), AsienDummy, OsteuropaDummy, GDPin1000

**Tabelle A. 56: Anova-Tabelle der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS)**Koeffizienten<sup>a</sup>

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
	B	Standardfehler	Beta		
1 (Konstante)	,968	,032		30,220	,000
GDPin1000	-,060	,001	-,828	-54,638	,000
OsteuropaDummy	-,133	,029	-,068	-4,620	,000
AsienDummy	,403	,032	,188	12,491	,000

a. Abhängige Variable: Linearisierung\_Gompertz

**Tabelle A. 57: Koeffizienten der linearisierten GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS)**

Die Startwerte ergeben sich aus der Delogarithmierung der mittels linearer Regression geschätzten Parameter:  $a = 2,633$ ,  $b = 0,942$ ,  $c = 0,875$ ,  $d = 1,496$ .  $M$  wird aus Kapitel 7.1.3 übernommen:  $M = 545,727$ .

Iterationsverlauf<sup>b</sup>

Iterationsnummer <sup>a</sup>	Residuenquadratsumme	Parameter				
		M	a	b	c	d
1.0	14112759,734	545,727	2,633	,942	,875	1,496
1.1	6050199,466	535,488	3,095	,913	,767	1,502
2.0	6050199,466	535,488	3,095	,913	,767	1,502
2.1	5727492,934	570,162	3,531	,910	,751	1,422
3.0	5727492,934	570,162	3,531	,910	,751	1,422
3.1	5724388,279	565,627	3,581	,909	,749	1,453
4.0	5724388,279	565,627	3,581	,909	,749	1,453

4.1	5724220,444	565,446	3,599	,908	,747	1,458
5.0	5724220,444	565,446	3,599	,908	,747	1,458
5.1	5724210,562	565,342	3,602	,908	,747	1,460
6.0	5724210,562	565,342	3,602	,908	,747	1,460
6.1	5724209,968	565,326	3,603	,908	,747	1,460
7.0	5724209,968	565,326	3,603	,908	,747	1,460
7.1	5724209,932	565,322	3,603	,908	,747	1,460

Ableitungen werden numerisch berechnet.<sup>b</sup>

a. Die Nummer der Hauptiteration wird links von der Dezimalstelle angezeigt und die Nummer der untergeordneten Iteration rechts von der Dezimalstelle.

b. Die Ausführung wurde nach 14 Modellevaluierungen und 7 Ableitungsevaluierungen gestoppt, da die relative Verkleinerung zwischen den aufeinanderfolgenden Residuenquadratsummen maximal  $SSCON = 1,000E-8$  ist.

**Tabelle A. 58: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS)**

Parameterschätzungen

Parameter	Schätzung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
M	565,322	9,061	547,546	583,097
a	3,603	,157	3,296	3,910
b	,908	,003	,902	,914
c	,747	,023	,702	,791
d	1,460	,058	1,347	1,573

**Tabelle A. 59: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS)**

Korrelationen der Parameterschätzungen

	M	a	b	c	d
M	1,000	-,405	,838	,201	-,217
a	-,405	1,000	-,782	-,750	-,236
b	,838	-,782	1,000	,447	-,095
c	,201	-,750	,447	1,000	,316
d	-,217	-,236	-,095	,316	1,000

**Tabelle A. 60: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS)**

ANOVA<sup>a</sup>

Quelle	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate
Regression	143923761,100	5	28784752,220
Residuum	5724209,932	1367	4187,425
Nicht korrigierter Gesamtwert	149647971,032	1372	
Korrigierter Gesamtwert	42752715,713	1371	

Abhängige Variable: PKW\_Dichte<sup>a</sup>

a. R-Quadrat = 1 - (Residuenquadratsumme) / (korrigierte Quadratsumme) = ,866.

**Tabelle A. 61: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (5) (SPSS)**

### Fall 5b: Modifizierte Schätzung 5 (direkte Wirkung auf Parameter *a*)

Die Modellschätzung entspricht in ihrer Wirkungsweise dem Fall (5). Durch eine Veränderung der Modellgleichung wird lediglich direkt sichtbar, inwiefern die Parameter *c* und *d* direkt auf den Parameter *a* einwirken. Die Startwerte werden aus der Linearisierung des Falls (5) genommen, abweichend davon wird die Annahme  $c = -0,1$  und  $d = 0,1$  getroffen, da im Fall Osteuropas von einer höheren und im Fall Asiens von einer niedrigeren Dichte und somit von einer Links- bzw. Rechtsverschiebung der Kurve (repräsentiert durch den Parameter *a*) ausgegangen wird.

Iterationsverlauf<sup>b</sup>

Iterationsnummer <sup>a</sup>	Residuenquadratsumme	Parameter				
		M	a	B	c	d
1.0	13933700,844	545,727	2,633	,942	-,100	,100
1.1	6107760,318	535,538	3,030	,914	-,226	,363
2.0	6107760,318	535,538	3,030	,914	-,226	,363
2.1	5733108,078	570,530	3,489	,911	-,246	,397
3.0	5733108,078	570,530	3,489	,911	-,246	,397
3.1	5724793,993	565,820	3,570	,909	-,250	,445
4.0	5724793,993	565,820	3,570	,909	-,250	,445
4.1	5724246,082	565,490	3,596	,908	-,253	,456
5.0	5724246,082	565,490	3,596	,908	-,253	,456
5.1	5724212,135	565,354	3,601	,908	-,253	,459
6.0	5724212,135	565,354	3,601	,908	-,253	,459
6.1	5724210,064	565,329	3,603	,908	-,253	,460
7.0	5724210,064	565,329	3,603	,908	-,253	,460
7.1	5724209,938	565,323	3,603	,908	-,253	,460
8.0	5724209,938	565,323	3,603	,908	-,253	,460

8.1	5724209,930	565,321	3,603	,908	-,253	,460
-----	-------------	---------	-------	------	-------	------

Ableitungen werden numerisch berechnet.<sup>b</sup>

a. Die Nummer der Hauptiteration wird links von der Dezimalstelle angezeigt und die Nummer der untergeordneten Iteration rechts von der Dezimalstelle.

b. Die Ausführung wurde nach 16 Modellevaluierungen und 8 Ableitungsevaluierungen gestoppt, da die relative Verkleinerung zwischen den aufeinanderfolgenden Residuenquadratsummen maximal  $SSCON = 1,000E-8$  ist.

**Tabelle A. 62: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (5b) (SPSS)**

Parameterschätzungen				
Parameter	Schätzung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
M	565,321	9,061	547,546	583,096
a	3,603	,157	3,296	3,910
b	,908	,003	,902	,914
c	-,253	,023	-,298	-,209
d	,460	,058	,347	,574

**Tabelle A. 63: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (5b) (SPSS)**

Korrelationen der Parameterschätzungen

	M	a	b	c	d
M	1,000	-,405	,838	,201	-,217
a	-,405	1,000	-,782	-,750	-,236
b	,838	-,782	1,000	,447	-,095
c	,201	-,750	,447	1,000	,316
d	-,217	-,236	-,095	,316	1,000

**Tabelle A. 64: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (5b) (SPSS)**

ANOVAa

Quelle	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate
Regression	143923761,101	5	28784752,220
Residuum	5724209,930	1367	4187,425
Nicht korrigierter Gesamtwert	149647971,032	1372	
Korrigierter Gesamtwert	42752715,713	1371	

Abhängige Variable: PKW\_Dichtea

a.  $R\text{-Quadrat} = 1 - (\text{Residuenquadratsumme}) / (\text{korrigierte Quadratsumme}) = ,866$ .

**Tabelle A. 65: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (5b) (SPSS)**

### Fall 6: Modifizierte Schätzung 5 (direkte Wirkung auf Parameter *b*)

Gegenüber den Fällen (5) und (5b), in denen die Parameter *c* und *d* auf den Links-Rechts-Verschiebungsparameter *a* Einfluss nehmen, wirken diese nun im Rahmen eines Vorfaktors auf den Steigungsparameter *b*. Die Startwerte werden aus der Linearisierung des Falls (5) genommen, abweichend davon wird die Annahme  $c = -0,1$  und  $d = 0,1$  getroffen, da im Fall Osteuropas von einem stärkeren und im Fall Asiens von einem schwächeren Wachstum ausgegangen wird.

Iterationsverlauf<sup>b</sup>

Iterationsnummer <sup>a</sup>	Residuenquadratsumme	Parameter				
		M	a	b	c	d
1.0	23063925,836	545,727	2,633	,942	-,100	,100
1.1	15118451,586	437,094	3,590	,892	-,057	-,151
2.0	15118451,586	437,094	3,590	,892	-,057	-,151
2.1	7932364,777	454,647	3,659	,872	-,016	,085
3.0	7932364,777	454,647	3,659	,872	-,016	,085
3.1	7856314,773	540,040	3,172	,924	-,032	,002
4.0	7856314,773	540,040	3,172	,924	-,032	,002
4.1	5687591,094	539,668	3,437	,905	-,022	,027
5.0	5687591,094	539,668	3,437	,905	-,022	,027
5.1	5646986,298	553,985	3,515	,906	-,021	,028
6.0	5646986,298	553,985	3,515	,906	-,021	,028
6.1	5646916,162	553,929	3,515	,906	-,021	,028
7.0	5646916,162	553,929	3,515	,906	-,021	,028
7.1	5646915,549	554,025	3,514	,906	-,021	,028
8.0	5646915,549	554,025	3,514	,906	-,021	,028
8.1	5646915,540	554,024	3,514	,906	-,021	,028

Ableitungen werden numerisch berechnet.<sup>b</sup>

a. Die Nummer der Hauptiteration wird links von der Dezimalstelle angezeigt und die Nummer der untergeordneten Iteration rechts von der Dezimalstelle.

b. Die Ausführung wurde nach 16 Modellevaluierungen und 8 Ableitungsevaluierungen gestoppt, da die relative Verkleinerung zwischen den aufeinanderfolgenden Residuenquadratsummen maximal  $SSCON = 1,000E-8$  ist.

**Tabelle A. 66: Iterationsverlauf der GOMPERTZ-Funktion (6) (SPSS)**



Parameterschätzungen

Parameter	Schätzung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
M	554,024	8,422	537,502	570,545
a	3,514	,113	3,292	3,735
b	,906	,003	,900	,912
c	-,021	,002	-,025	-,017
d	,028	,002	,023	,032

**Tabelle A. 67: Parameterschätzungen der GOMPERTZ-Funktion (6) (SPSS)**

Korrelationen der Parameterschätzungen

	M	a	b	c	d
M	1,000	-,419	,860	,067	-,463
a	-,419	1,000	-,739	-,447	,121
b	,860	-,739	1,000	,118	-,490
c	,067	-,447	,118	1,000	,197
d	-,463	,121	-,490	,197	1,000

**Tabelle A. 68: Parameter-Korrelationen der GOMPERTZ-Funktion (6) (SPSS)**ANOVA<sup>a</sup>

Quelle	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate
Regression	144001055,492	5	28800211,098
Residuum	5646915,540	1367	4130,882
Nicht korrigierter Gesamtwert	149647971,032	1372	
Korrigierter Gesamtwert	42752715,713	1371	

Abhängige Variable: PKW\_Dichte<sup>a</sup>

a. R-Quadrat = 1 - (Residuenquadratsumme) / (korrigierte Quadratsumme) = ,868.

**Tabelle A. 69: Anova-Tabelle der GOMPERTZ-Funktion (6) (SPSS)**



## Anhang D: Weiterführende Informationen zu Kapitel 8

### Herleitung der abgeleiteten Elastizität aus der GOMPERTZ-Kurve (zu Formel 8.2 in Kapitel 8.3.1)

GOMPERTZ-Funktion:

$$f(a, b, M, x) = M \cdot e^{-a \cdot b^x}$$

**Formel A. 14: GOMPERTZ-Funktion**

Elastizität:

$$\varepsilon = \frac{\frac{dy}{y}}{\frac{dx}{x}} = \frac{dy}{dx} \cdot \frac{x}{y}$$

1. Ableitung der GOMPERTZ-Funktion:

$$\frac{df(a, b, M, x)}{dx} = -a \cdot \ln(b) \cdot b^x \cdot M \cdot e^{-a \cdot b^x} = -a \cdot \ln(b) \cdot b^x \cdot f(a, b, M, x)$$

Daraus folgt die Elastizität:

$$\varepsilon = \frac{df(a, b, M, x)}{dx} \cdot \frac{x}{f(a, b, M, x)} = -a \cdot \ln(b) \cdot b^x \cdot x$$

**Formel A. 15: GDP pro Kopf-Elastizität der Pkw-Dichte**

### Herleitung der Umkehrfunktion der GOMPERTZ-Funktion (zu Formel 8.3 in Kapitel 8.3.1)

Die GOMPERTZ-Funktion ist gegeben durch:

$$y = M \cdot e^{-a \cdot b^x}$$

**Formel A. 16: GOMPERTZ-Funktion**

Mathematische Umformungen führen zu:

$$\ln\left(\frac{y}{M}\right) = -a \cdot b^x$$

$$b^x = \frac{\ln\left(\frac{y}{M}\right)}{-a}$$

Im letzten Schritt ergibt sich die Umkehrfunktion zu:

$$x(y) = \frac{\ln\left(\frac{\ln\left(\frac{y}{M}\right)}{-a}\right)}{\ln(b)}$$

**Formel A. 17: Umkehrfunktion der GOMPERTZ-Funktion**

## Anhang E: Weiterführende Informationen zu Kapitel 9

### Eingangsdaten für die Einfuhrregelungen

**Tabelle A. 70** zeigt eine Übersicht der Quellen für die Abbildungen aus Kapitel 9.

Afghanistan	Vgl. Paterson (2005), S. 6–7
Ägypten	Vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2012a), S. 1–2
Albanien	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 1, vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 87
Algerien	Vgl. Mack (2012)
Angola	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 1
Argentinien	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 1–3
Armenien	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2010), S. 1
Aserbaid-schan	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 1
Äthiopien	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 3
Australien	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 62–65
Bahamas	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 3
Bahrain	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2012), S. 1
Bangladesch	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 1
Barbados	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 3
Belize	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 4
Benin	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 1
Bermuda	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 4
Bhutan	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 1
Bolivien	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 5
Bosnien und Herzegowina	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 1
Botswana	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 1, vgl. Matambanadzo (2014)

Brasilien	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 6–7
Burkina Faso	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 1
Chile	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 8–9
China	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 1–2
Costa Rica	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 13
Dominikani- sche Repub- lik	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 15
Ecuador	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 15– 16
El Salvador	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 17
Elfenbeinküs- te	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 3
Eritrea	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 3
Fidschi	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 2–3
Gabun	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 3
Gambia	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 8
Georgien	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 2
Ghana	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 4
Grenada	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 18
Guatemala	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 18
Guinea	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 4
Guyana	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 18
Haiti	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 19
Honduras	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Admin- istration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 28–29 , vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 18
Hongkong	Vgl. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region - Transport Department (Hg.) (2013), vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2012b)
Indien	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Admin- istration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 49–51

Indonesien	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 53–54
Irak	Vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2013a)
Iran	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 40
Israel	Vgl. O. V. (2013a)
Jamaika	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 19
Jemen	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2012), S. 4
Jordanien	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 41
Kambodscha	Vgl. GDCE - The General Department of Customs and Excise of Cambodia (Hg.) (2014)
Kamerun	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 1
Kasachstan	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 2
Katar	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2012), S. 3
Kenia	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011b)
Kirgisistan	Vgl. Kutueva (2014), vgl. O. V. (2013b)
Kolumbien	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 10–12
Korea, Demokratische Volksrepublik (Nordkorea)	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 2
Korea, Republik (Südkorea)	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 5–6
Kuba	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 14
Kuwait	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2012), S. 2
Laos	Vgl. ASEAN - Association of Southeast Asian Nations (Hg.) (2014a)
Lesotho	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 4
Libanon	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2012), S. 2
Liberia	Vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2012c), S. 1–2

Libyen	Vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2013b)
Macao	Vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2012d)
Madagaskar	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Aerospace and Automotive Industries (Hg.) (2008), S. 65
Malawi	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 5
Malaysia	Vgl. ASEAN - Association of Southeast Asian Nations (Hg.) (2014b)
Mali	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 5
Marokko	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Aerospace and Automotive Industries (Hg.) (2008), S. 66
Mauritius	Vgl. Mauritius Revenue Authority (Hg.) (2014)
Mazedonien	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 3
Mexiko	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 10–12
Moldawien (Republik Moldau)	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 2
Mongolei	Vgl. Mongolian Customs Organization (Hg.) (2012)
Montenegro	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2010), S. 2
Mosambik	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 5
Myanmar (Burma)	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 4
Namibia	Vgl. Kaira (2014), vgl. Muraranganda (2013)
Nepal	Vgl. Government of Nepal - Ministry of Finance - Department of Customs (Hg.) (2014)
Neuseeland	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 65–67
Nicaragua	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 23
Niger	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 6
Nigeria	Vgl. Nigeria Customs Administration (Hg.) (2014b), vgl. Nigeria Customs Administration (Hg.) (2014a), S. 1–6 , vgl. Kingsley/Agba (2014)
Oman	Vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2013c)
Pakistan	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 5



Panama	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 24
Papua-Neuguinea	Vgl. Papua New Guinea Customs Service (Hg.) (2014)
Paraguay	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 24
Peru	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 34–36
Philippinen	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 56–59
Puerto Rico	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 26
Republik Kongo	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 2
Russische Föderation	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 3
Sambia	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 8
Saudi-Arabien	Vgl. Asharqia Chamber (Hg.) (2009), vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2012), S. 3
Senegal	Vgl. MFE - Maison des Francais de l'Etranger (Hg.) (2014)
Serbien	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 3
Simbabwe	Vgl. ZIMRA - Zimbabwe Revenue Authority (Hg.) (2014)
Singapur	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 6
Sri Lanka	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 6
Südafrika	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 68–69
Sudan	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 7
Suriname	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 26
Swasiland	Vgl. Swaziland Revenue Authority (Hg.) (2013)
Syrien	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2012), S. 2
Tadschikistan	Vgl. Gosselin Moving (Hg.) (2013), S. 3
Tansania	Vgl. Tanzania Revenue Authority (Hg.) (2014)
Thailand	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2011a), S. 6, vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 60–61

Togo	Vgl. IAM - International Association of Movers (Hg.) (2013d)
Trinidad und Tobago	Vgl. Government of the Republic of Trinidad and Tobago - Ministry of Trade, Industry and Investment (Hg.) (2013), S. 2, vgl. Government of the Republic of Trinidad and Tobago - Ministry of Finance (Hg.) (2014)
Tschad	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 2
Tunesien	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Aerospace and Automotive Industries (Hg.) (2008), S. 66
Türkei	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 3, vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 87–88
Turkmenistan	Vgl. O. V. (2009), vgl. O. V. (2005)
Uganda	Vgl. Uganda Revenue Authority (Hg.) (2013), S. 6
Ukraine	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 3, vgl. O. V. (2014)
Uruguay	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 27
Usbekistan	Vgl. Sadykov (2013), vgl. Bibi.uz (Hg.) (2014)
Venezuela	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013b), S. 28, vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 37–39
Vereinigte Arabische Emirate	Vgl. United States Department of Commerce - International Trade Administration - Office of Transportation and Machinery (Hg.) (2011), S. 42–44
Vietnam	Vgl. Government of the Socialist Republic of Vietnam (Hg.) (2006), S. 5–24
Weißrussland	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013a), S. 1
Zaire (jetzt Demokratische Republik Kongo)	Vgl. Delmas (Hg.) (2013)
Zentralafrikanische Republik	Vgl. UNEP - United Nations Environment Programme (Hg.) (2013c), S. 2

**Tabelle A. 70: Übersicht der Eingangsdatenquellen für die Einfuhrregelungen**

**Liste der SACU-Mitgliedsstaaten**

Zur SACU (South African Customs Union) gehören die nachfolgenden Länder:<sup>569</sup>

Botswana

Lesotho

Namibia

Südafrika

Swasiland

---

<sup>569</sup> Vgl. SACU - South African Customs Union (Hg.) (2014)